



**Tiago Filipe Amaro
Neves**

**Proposta de implementação de uma metodologia
SMED numa metalomecânica**



**Tiago Filipe Amaro
Neves**

**Proposta de implementação de uma metodologia
SMED numa metalomecânica**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira, Professor Auxiliar no Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Filipe Cambraia

o júri

presidente

Prof. Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutora Maria Teresa do Valle Moura Costa
professora adjunta do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Prof. Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Ao Professor Doutor Luís Miguel Ferreira, orientador deste projeto, pelo seu acompanhamento, disponibilidade e incentivo ao longo deste trabalho.

A todos os colaboradores da Sermocol, que sempre me ajudaram ao longo de todo o período do projeto.

A toda a minha família e amigos, em particular aos meus pais pelo apoio incansável, pelos sacrifícios e por estarem sempre presentes.

palavras-chave

SMED, PRÉ-SMED, VSM, OEE, redução dos tempos de *setup*.

resumo

O presente trabalho é o resultado de um projecto experimental que teve como principal objetivo a redução dos tempos de *setup*, através da implementação da metodologia Single Minute Exchange of Die (SMED) em equipamentos de eletroerosão (EDM) por fio e penetração.

Para garantir o sucesso da implementação, após uma revisão bibliográfica centrada no tema SMED, estabelece-se uma metodologia, numa lógica de melhoria contínua análoga a um ciclo PDCA. A metodologia estabelecida envolve as seguintes fases: caracterização da situação inicial, observação, recolha de dados, análise dos dados e implementação SMED. A caracterização da situação inicial visa qualificar a situação encontrada e identificar a zona de atuação - equipamentos em estudo. A observação do processo produtivo é suportada pela ferramenta fluxograma do processo, por sua vez, a recolha de dados visa a avaliação inicial e nessa perspectiva recorre-se à abordagem OEE. Na fase de análise dos dados são introduzidas as ferramentas de análise VSM e diagrama de causa e efeito que auxiliam a identificação de um conjunto de acções de melhoria, a realizar previamente à fase de implementação SMED, culminando assim uma fase PRÉ-SMED. Reunidas as condições ideais iniciou-se a implementação efectiva da metodologia SMED obtendo-se reduções do tempo total de *setup* superiores a 60%.

O presente estudo permite concluir que podem surgir diferenças significativas em diversas aplicações SMED, enfatizando a importância de uma fase PRÉ-SMED de modo a potenciar os resultados alcançados com uma implementação SMED.

keywords

SMED, PRÉ-SMED, VSM, OEE, reducing the *setup* times.

abstract

The present work is the result of a experimental project that aimed the reduction of setup times through the implementation of Single Minute Exchange of Die (SMED) methodology in EDM equipments by wire and penetration.

To ensure an successful implementation, after a review literature focused on SMED theme, is established a methodology, an approach of a continuous improvement analogous to a PDCA cycle. The established methodology involves the following stages: characterization of the initial situation, observation, data collection, data analysis and SMED implementation. The characterization of the initial situation aims to qualify the situation found and identify the actuation zone - equipments to study. The observation of the productive process is supported by flowchart tool, on the other hand, the data collection aims the initial evaluation and in this perspective an approach OEE is used. In the data analysis phase are introduced analysis tools VSM and the cause and effect diagram that help to identify a set of improvement actions, held previously to the SMED implementation phase, culminating well a PRÉ-SMED phase. Guaranteed the ideal conditions, initiated the effective implementation of the SMED methodology obtaining a reduction of the total setup time greater than 60%.

Present study shows that significant differences may arise in several SMED applications emphasizing the importance of a PRE-SMED phase to enhance the results achieved with a SMED implementation.

Índice

A. DEFINIÇÕES	III
B. ÍNDICE DE TABELAS	V
C. ÍNDICE DE FIGURAS	VI
D. ÍNDICE DE GRÁFICOS	VII
E. ÍNDICE DE EQUAÇÕES.....	VIII
F. ANEXOS.....	IX
G. ACRÓNIMOS	X
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1.INTRODUÇÃO A CONCEITOS / ENQUADRAMENTO DO SMED	3
2.2.ORIGEM DO SMED.....	4
2.3.METODOLOGIA SMED	5
2.4.PRÉ-REQUISITOS À IMPLEMENTAÇÃO	6
2.5.IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA SMED	8
2.5.1. EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED NUMA LINHA DE MAQUINAÇÃO CNC.....	8
2.5.2. EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA MELHORIA DO VALOR DE OEE	13
2.6.FERRAMENTAS UTILIZADAS NA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	17
2.6.1. VALUE STREAM MAPPING – VSM	17
2.6.2. DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO OU DIAGRAMA DE ISHIKAWA	23
2.7.AVALIAÇÃO	25
2.7.1. OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS – OEE	25

2.8. CONCLUSÃO	29
3. CASO DE ESTUDO	31
3.1. METODOLOGIA	31
3.2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	32
3.3. CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO INICIAL	33
3.4. OBSERVAÇÃO	35
3.5. RECOLHA DE DADOS	38
3.6. ANÁLISE DOS DADOS	40
3.7. AÇÃO DE MELHORIA: IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA SMED	52
4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	64
5. CONCLUSÃO	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS	72

A. Definições

Benchmarking – Processo sistemático e contínuo de avaliação dos produtos, serviços e processos de trabalho das organizações que são reconhecidas como representantes das melhores práticas com a finalidade de comparar desempenhos e identificar oportunidades de melhoria na organização que está a praticar ou monitorizar o *benchmarking* (Thinkfn, 2014).

Brainstorming – Técnica, criado por Osborn em 1963, para desenvolvimento de novas ideias ou resolução de problemas, baseada numa discussão em que várias pessoas fazem muitas sugestões para que sejam escolhidas as melhores ou uma fusão delas. Pretende-se criar o máximo de ideias no menor tempo possível.

Cadeia de valor – Conjunto de todas as ações, tanto de valor acrescentado ou não, que ocorrem desde a obtenção do pedido até à entrega ao cliente final de um produto ou serviço.

Lead time – Quantidade de tempo que decorre entre o momento em que um processo se inicia até à sua conclusão.

Kaizen – Termo japonês que significa mudança para melhor, melhoria contínua e gradual.

Know-how – Termo inglês que designa uma técnica, um conhecimento ou uma capacidade desenvolvida por uma pessoa ou organização. O *know-how*, em muitos casos, constitui uma importante fonte de vantagens competitivas para quem o detém (Enciclopédia Temática, 2015).

Lean – Filosofia de gestão cuja ideia central é a maximização do valor do cliente, minimizando o desperdício. A filosofia *lean* pretende criar mais valor para o cliente com menos recursos.

Sistema Pull – Sistema de operações em que cada sequência de trabalho só é desencadeada quando a que está imediatamente a seguir o permite. Um sistema de fabrico é gerido por um sistema *pull* quando cada estação “puxa os materiais” da estação anterior na presença de um pedido da estação seguinte. O sistema *pull* apenas desencadeia os processos na presença de um pedido, ou seja, as operações são realizadas *just-in-time* (JIT), na quantidade certa e no momento certo.

Setup – Mudança de ferramentas que corresponde ao período de paragem entre as produções, durante a troca de produto.

Takt time – Tempo de ciclo variável, definido de acordo com a procura. Uma maior procura requer um menor *takt time*. O *takt time* é calculado através da Equação 1.

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível}{Procura\ no\ tempo\ disponível}$$

Equação 1 - Takt time

Ao tempo disponível deve ser subtraído todo tempo respeitante a paragens programadas (Pinto, 2009).

B. Índice de tabelas

<i>Tabela 1- Custos estimados da implementação Fonte: [(Timasani, Mahesh, & Doss, 2011)]</i>	12
<i>Tabela 2- Benefícios económicos [Fonte: (Timasani, Mahesh, & Doss, 2011)]</i>	12
<i>Tabela 3 - Resumo da metodologia utilizada na melhoria do OEE no processo de esterilização industrial [Fonte: (Puvanasvaran, Kim, & Siang, 2012)]</i>	14
<i>Tabela 4 – Tempos de atividades com (VA) e sem (NVA) valor acrescentado [Fonte: Adaptado (Puvanasvaran, Kim, & Siang, 2012)]</i>	15
<i>Tabela 5 - Relação entre as seis grandes perdas, estratégias e ferramentas utilizadas [Fonte: Adaptado (Silva, 2009)]</i>	28
<i>Tabela 6 - Cálculo inicial do OEE do equipamento 796</i>	39
<i>Tabela 7 - Cálculo inicial do OEE do equipamento 759</i>	40
<i>Tabela 8 – Atividades de setup presentes operação de EDM Fio</i>	54
<i>Tabela 9 - Atividades de setup presentes operação de EDM Penetração</i>	54
<i>Tabela 10 – Separação de setup interno e externo na operação de EDM Fio – Fase1</i>	55
<i>Tabela 11 - Separação de setup interno e externo na operação de EDM Penetração – Fase 1</i>	55
<i>Tabela 12 - Conversão de setup interno em externo na operação de EDM Fio – Fase 2</i>	58
<i>Tabela 13 - Otimização do setup na operação de EDM Fio – Fase 3</i>	60
<i>Tabela 14 - Ganhos de tempo associados à fase 3 na operação de EDM Penetração</i>	61
<i>Tabela 15 - Otimização do setup na operação de EDM Penetração – Fase 3</i>	61
<i>Tabela 16- Cálculo do OEE do equipamento 796 após melhorias implementadas</i>	62
<i>Tabela 17 - Cálculo do OEE do equipamento 759 após melhorias implementadas</i>	63
<i>Tabela 18 - Análise comparativa de potencialidades da implementação SMED</i>	66
<i>Tabela 19 - Redução de custos produtivos na família de artigos em estudo</i>	67

C. Índice de figuras

<i>Figura 1- Metodologia SMED [Fonte: (Shingo, 2000)]</i>	6
<i>Figura 2- Procedimento solução [Fonte: Adaptado (Timasani, Mahesh, & Doss, 2011)]</i>	10
<i>Figura 3- Processo QCJ proposto [Fonte: (Timasani, Mahesh, & Doss, 2011)]</i>	11
<i>Figura 4- Processo QCF proposto [Fonte: (Timasani, Mahesh, & Doss, 2011)]</i>	12
<i>Figura 5 – Fluxograma de desenvolvimento da integração de ferramentas da qualidade na melhoria do OEE [Fonte: Adaptado (Puvanasvaran, Kim, & Siang, 2012)]</i>	16
<i>Figura 6 - Etapas para uma produção lean [Fonte: Adaptado (Hogfeldt, 2005)]</i>	17
<i>Figura 7 - Value Stream Mapping Total [Fonte: (Rother & Shook, 1999)]</i>	18
<i>Figura 8 - Fluxograma do processo de desenvolvimento do VSM [Fonte: Adaptado (Rother & Shook, 1999)]</i>	19
<i>Figura 9 - Exemplo de um mapa VSM estado atual [Fonte: (Rother & Shook, 1999)]</i>	20
<i>Figura 10- Diagrama de Causa e Efeito em branco [Fonte: (Leavengood & Reeb, 2009)]</i>	24
<i>Figura 11 - Tridimensionalidade do OEE [Fonte: (Silva, 2009)]</i>	26
<i>Figura 12 - Relação entre as seis grandes perdas e os fatores do OEE [Fonte: Adaptado (Silva, 2009)]</i>	27
<i>Figura 13 - Padrões de OEE na indústria de produção [Fonte: Adaptado (Lean Production, 2014)]</i>	29
<i>Figura 14 – A metodologia numa perspetiva de ciclo PDCA</i>	31
<i>Figura 15- Cronologia da Sermocol, Lda</i>	32
<i>Figura 16- Exemplos de produtos fabricados na Sermocol</i>	33
<i>Figura 17 - Tempos produtivos vs não produtivos</i>	35
<i>Figura 18- EDM Penetração ONA NX-3 (759)</i>	36
<i>Figura 19- EDM Fio Fanuc Alpha 400i (796)</i>	36
<i>Figura 20 - Fluxograma do processo de EDM Fio</i>	37
<i>Figura 21 - Fluxograma do processo de EDM Penetração</i>	37
<i>Figura 22 - Fluxo do processo para a família de artigos de matrizes de extrusão aberta em aço e metal duro</i>	41
<i>Figura 23- VSM do estado atual para a família de produtos de matrizes de extrusão aberta em aço e metal duro</i>	44
<i>Figura 24- VSM do estado atual da operação EDM Fio para a família de produtos de matrizes de extrusão aberta em aço e metal duro</i>	45
<i>Figura 25- VSM do estado atual da operação EDM Penetração para a família de produtos de matrizes de extrusão aberta em aço e metal duro</i>	46
<i>Figura 26- Análise de Causa e Efeito ao elevado tempo de setup na operação de EDM Fio</i>	47
<i>Figura 27- Análise de Causa e Efeito ao elevado tempo de setup na operação de EDM Penetração</i>	47
<i>Figura 28 - Aplicação dos 5S's no setor de EDM</i>	48
<i>Figura 29 - Alteração do layout das O.T.'s</i>	49
<i>Figura 30 - Ficha de artigo do suporte de fixação - GABEDMF00001</i>	50
<i>Figura 31 - Documentos anexos à ficha do artigo GABEDMF00001</i>	50
<i>Figura 32 - Inventário realizado aos suportes de fixação existentes</i>	51
<i>Figura 33 - Inventário realizado aos elétrodos existentes</i>	52
<i>Figura 34 - Gestão visual no setor de planeamento</i>	53
<i>Figura 35 - Sistema de fixação proposto</i>	57
<i>Figura 36 - Procedimento de setup antes e depois da implementação SMED – Fixação da peça</i>	57
<i>Figura 37 - Procedimento de setup antes e depois da implementação SMED – Comparar peça</i>	57
<i>Figura 38 - Ganhos de tempo associados à fase 3 na operação de EDM Fio</i>	59

D. Índice de gráficos

<i>Gráfico 1 - Análise de Pareto [Fonte: Adaptado de (Timasani, Mahesh, & Doss, 2011)]</i>	10
<i>Gráfico 2 - Análise comparativa dos tempos de setup atuais e esperados [Fonte: Adaptado (Timasani, Mahesh, & Doss, 2011)]</i>	13
<i>Gráfico 3- Caracterização tipológica do parque de máquinas da Sermocol</i>	34
<i>Gráfico 4 - Evolução dos tempos de Setup na operação de EDM Fio</i>	65
<i>Gráfico 5 - Evolução dos tempos de Setup na operação de EDM Penetração</i>	65

E. Índice de equações

<i>Equação 1 - Takt time</i>	<i>iv</i>
<i>Equação 2- OEE</i>	<i>25</i>
<i>Equação 3 – Disponibilidade</i>	<i>26</i>
<i>Equação 4 - Desempenho</i>	<i>26</i>
<i>Equação 5 - Qualidade</i>	<i>26</i>
<i>Equação 6 - OEE de classe mundial</i>	<i>29</i>
<i>Equação 7 - Tempo de produção planeado</i>	<i>38</i>
<i>Equação 8 - Tempo de operação</i>	<i>38</i>
<i>Equação 9 - Peças boas</i>	<i>38</i>

F. Anexos

Anexo A - Simbologia do VSM para o fluxo de materiais, informação e outros ícones gerais	72
Anexo B - Parque de máquinas por setor	73
Anexo C - História e princípio de funcionamento da técnica EDM	74
Anexo D - Procedimento operacional de setup para matrizes de extrusão aberta em aço/metal duro - EDM Fio	75
Anexo E - Procedimento operacional de setup para matrizes de extrusão aberta em aço/metal duro - EDM Penetração	77
Anexo F - Ficha de Poka-Yoke para operação de EDM Fio	79
Anexo G - Registo de verificação do Poka-Yoke PY.0001	80
Anexo H - Suporte de fixação desenvolvido no âmbito do projeto SMED	81
Anexo I - O.T. para execução o GABEDMF00001 desenvolvido no âmbito do projeto SMED	82
Anexo J - Exemplo de uma O.T. para a produção de elétrodos incorporada numa O.T. de um produto final	85

G. Acrónimos

BOM	<i>Bill of Materials</i>
CNC	<i>Computer Numerical Control</i>
EDM	<i>Electrical Discharge Machining</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>
HVLV	<i>High-Variety Low-Volume</i>
JIT	<i>Just-in-Time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
NC	<i>Numerical Control</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
O.T.	<i>Ordem de Trabalho</i>
QCF	<i>Quick Change Fixture</i>
QCJ	<i>Quick Change Jaw</i>
RPN	<i>Risk Priority Number</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work in Process</i>

1. Introdução

A sociedade contemporânea, particularmente nas últimas décadas, tem assistido a enormes transformações. Entre os principais motivos que contribuem para tais transformações está, sem margem de dúvida, a revolução tecnológica. É a própria maneira de inventar e de renovar tecnologia que tem vindo a ser revolucionada. Estas mudanças aliadas à globalização têm colocado desafios à capacidade das empresas em manterem-se no mercado. O novo padrão exige crescentes níveis de qualidade, flexibilidade e sobretudo de produtividade. O ambiente globalizado é caracterizado pela elevada velocidade de transformação, forte concorrência entre as empresas e uma violenta competição nos mercados.

Para acompanhar estas alterações os sistemas produtivos sofrem inúmeras transformações, transformações essas que alteram significativamente a organização das empresas, o que por sua vez obriga a uma alteração nos próprios modelos organizacionais de modo a garantir uma adaptação às condições de imprevisibilidade colocadas pela contínua transformação económica e tecnológica. Este paradigma promove em primeiro plano o foco no cliente em termos de qualidade dos requisitos dos produtos e também em termos de prazos de produção cada vez mais reduzidos. Neste sentido a rápida capacidade de adaptação dos sistemas produtivos às exigências do mercado torna-se, na atualidade, o fator essencial para a sobrevivência das empresas (Pedroso, 2007). Uma das formas das empresas conseguirem acompanhar esta tendência dos mercados, sem aumentar os custos de produção, é através da diminuição dos tempos de *setup*.

O enquadramento da Sermocol no contexto de necessidade de agilizar e flexibilizar a sua produtividade motiva a realização deste trabalho tendo o mesmo como foco a melhoria de desempenho nos processos de *setup* através da implementação da metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED).

A aplicação da metodologia SMED permite obter vantagens ao nível da eficiência produtiva, contribuindo para a redução dos custos de produção. Minimizar o tempo despendido com a mudança de ferramentas permite obter duas grandes vantagens, reduzir custos de imobilização do equipamento e produzir, de forma competitiva, pequenos lotes, eliminando assim os custos associados a *stocks* (Couto, 2008).

O presente trabalho pretende demonstrar, através da aplicação da metodologia SMED, que é possível acompanhar as novas exigências do mercado aumentando, simultaneamente, os níveis de produtividade. O principal objetivo deste projeto relaciona-se com a redução dos tempos de *setup*. Para garantir o cumprimento do objetivo primordial estabelece-se como essencial a implementação e monitorização da metodologia SMED. Paralelamente à implementação da metodologia selecionada são definidos os seguintes objetivos:

- Identificar o(s) equipamento(s) com maior necessidade de intervenção;
- Reunir as condições necessárias para iniciar uma implementação eficaz da metodologia SMED;

- Reduzir tempos improdutivos e eliminar atividades sem agregação de valor;
- Otimizar processos e implementar procedimentos;
- Avaliar a situação inicial e avaliar os ganhos decorrentes das mudanças efetuadas;
- Propor um modelo para futuras implementações da metodologia SMED;

Para alcançar os objetivos torna-se imprescindível analisar o processo produtivo associado a cada equipamento em estudo e neste sentido são exploradas, neste estudo, ferramentas como o *Value Stream Mapping* (VSM) e o Diagrama de Causa e Efeito.

O presente relatório divide-se em cinco capítulos: *Introdução*, *Revisão bibliográfica*, *Caso de estudo*, *Discussão dos resultados* e *Conclusão*. O presente capítulo contempla uma abordagem introdutória onde são explanadas as necessidades de melhoria do processo produtivo sentidas na organização que despoletaram a motivação para a realização deste trabalho. Neste primeiro capítulo são ainda definidos os objetivos do projeto e é também explicada a organização do relatório.

No segundo capítulo é feito o enquadramento teórico, recorrendo a uma revisão bibliográfica que é toda ela desenvolvida em torno do tema principal – SMED. A revisão bibliográfica para além de servir de suporte a todo o desenvolvimento do projeto permite também ao leitor familiarizar-se com o tema do projeto em simultâneo com todos conceitos decorrentes necessários para a concretização do projeto. Numa primeira fase é introduzida a metodologia SMED, seguindo-se uma série de conceitos que envolvem implementação da metodologia, assim como os pré-requisitos, os exemplos de aplicação, as ferramentas utilizadas e o método de avaliação. Por fim é efetuada uma conclusão a este extenso capítulo.

No terceiro capítulo é apresentado o *Caso de Estudo*. Este capítulo inicia-se com a apresentação da *Metodologia* adotada, onde são enumeradas as fases que compõem o estudo e as ferramentas e técnicas aplicadas em cada uma. De seguida é feita uma breve apresentação da empresa onde decorreu o projeto – Sermocol, seguindo-se a caracterização da situação inicial, ou seja, a situação encontrada previamente ao início do projeto. A caracterização da situação inicial proporciona a seleção do sector/equipamentos alvos do estudo. Identificados os equipamentos, são cumpridas as fases de observação, recolha de dados e análise dos dados que garantiram as condições necessárias para uma eficaz implementação da metodologia SMED. De seguida são mostrados todas as etapas da aplicação, monitorização e melhoria do projeto SMED.

A *Discussão dos Resultados* é levada a cabo no quarto capítulo. Por último, o quinto capítulo é reservado às *Conclusões* do projeto, incluindo uma reflexão a todo o trabalho desenvolvido ao longo do projeto e também algumas propostas para, o eventual, desenvolvimento de trabalhos futuros.

2. Revisão bibliográfica

Neste capítulo faz-se uma revisão bibliográfica centrada no tema do SMED, onde é enquadrada a ferramenta e explicada a metodologia. São evidenciados pré-requisitos e exemplos de aplicação, são igualmente exploradas ferramentas empregues na aplicação da metodologia. É também analisada a forma de avaliar os impactos decorrentes da aplicação da metodologia SMED.

2.1. Introdução a conceitos / Enquadramento do SMED

De acordo com Womack, Jones, & Roos (1990) nenhuma nova ideia surge do vazio, bem pelo contrário, as novas ideias emergem quando as velhas parecem não funcionar. Após a Primeira Guerra Mundial, Alfred Sloan, da General Motors, e Henry Ford conduziram a produção mundial para a era da produção em massa, deixando para trás a produção artesanal, contribuindo fortemente para o domínio dos Estados Unidos na economia global.

Posteriormente à Segunda Guerra Mundial, no final de 1949, a Toyota sofreu um colapso de vendas que levou à dispensa de grande parte da sua força de trabalho. No ano seguinte Eiji Toyoda, um jovem engenheiro japonês da Toyota, passou três meses no maior e mais eficiente complexo fabril do momento, a fábrica Rouge da Ford, em Detroit, com o intuito de analisar o modelo de produção ali implementado. Eiji examinou minuciosamente cada detalhe e pensou ser possível melhorar o seu sistema de produção, na Toyota, mas percebeu que apenas copiar e aperfeiçoar o modelo da Rouge não seria suficiente e em conjunto com Taiichi Ohno, engenheiro de produção também da Toyota, concluíram que a produção em massa, no Japão, não funciona.

Das inúmeras experiências realizadas, destaca-se o desenvolvimento de técnicas que permitiram a redução do tempo despendido para troca de moldes, passando de um dia para três minutos, o que permitiu trocas de moldes a cada duas ou três horas, contrastando com os habituais dois ou três meses. Ohno concluiu que a produção em pequenos lotes tem um custo mais baixo comparativamente com a produção em lotes numerosos porque elimina custos de *stock* de peças acabadas e obriga a que sejam produzidas poucas peças antes da montagem, fazendo com que os defeitos sejam detetados quase de imediato. Concluiu também que era indispensável eliminar o desperdício com o elevado número de peças defeituosas devido aos elevados custos de reproprocessamento, pois normalmente eram detetadas bem depois de serem produzidas.

Na linha de montagem, a Toyota por intermédio de Ohno, introduziu novas filosofias como o agrupar trabalhadores em equipas, definindo um líder de equipa que assume tarefas de coordenação e em simultâneo realiza tarefas de montagem, substituindo trabalhadores faltosos. À equipa são atribuídas tarefas de limpeza, pequenas reparações de ferramentas e controlos de qualidade. No que respeita à melhoria contínua do processo – *Kaizen* – foi

dedicado um horário periódico para que a equipa, integrada com os engenheiros industriais, pudesse sugerir medidas para aperfeiçoamento gradual dos processos.

No que respeita ao retrabalho, em oposição ao que sucedia com a filosofia de produção em massa, Ohno percebeu que deixar passar os defeitos, apenas para manter a linha em funcionamento, fazia com que os mesmos se ampliassem e nesse sentido atribuiu responsabilidade aos trabalhadores para que estes possam parar a linha de montagem no caso de se detetar um problema que não se conseguisse resolver.

Como resultado destas experiências nasceu o que a Toyota chamou de Sistema de Produção Toyota e posteriormente *Lean Production*, conceito que depressa se difundiu por outras organizações e indústrias japonesas.

2.2. Origem do SMED

A génese da metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED) surge em 1950 quando Shigeo Shingo dirigiu um estudo de melhoria da eficiência na fábrica da Mazda Toyo Kogyo em Hiroshima que visava eliminar os gargalos causados por prensas de estampagem de 350, 700 e 800 toneladas. Ao realizar o estudo Shingo percebeu que as operações de *setup* se dividem em dois tipos:

- **Setup interno** ou tempo de preparação interno que representa todas operações que apenas são realizáveis com a máquina parada.
- **Setup externo** ou tempo de preparação externo que representa todas operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento.

A divisão de *setups* possibilitou o estabelecimento de um procedimento para o *setup* externo e a realização de todas as operações possíveis do *setup* externamente, o que permitiu a eliminação do gargalo e o aumento de eficiência de 50%.

Em 1957, também em Hiroshima, Shigeo Shingo foi convidado a desenvolver um estudo na Mitsubishi Heavy Industries com o objetivo de melhorar a capacidade produtiva de uma retificadora utilizada para maquinar a base dos motores. Analisando a produção, Shingo verificou que a marcação para centragem e dimensionamento da base do motor era realizado na própria retificadora o que reduzia significativamente a utilização da mesma. A solução consistiu na instalação de uma segunda mesa na retificadora que permitiu a realização das operações de *setup* separadamente. A aplicação desta medida contribuiu para um aumento de produção de 40%.

O terceiro momento no desenvolvimento da metodologia SMED surgiu em 1969 quando o gerente da fábrica Toyota Motor Company propôs a Shingo a diminuição dos tempos de preparação de uma prensa de 1000 toneladas que requeria quatro horas para cada operação de *setup*. A separação, cuidadosa, dos tempos de preparação internos e externos bem como a melhoria de cada um deles individualmente possibilitou uma redução efetiva dos tempos de *setup* passando, ao fim de seis meses, a duração total das operações de *setup* na prensa para

noventa minutos. A direção determinou um novo objetivo que visou a redução do tempo de *setup* para menos de três minutos. Ao fim de três meses de trabalho, através da conversão de *setup* internos em *setup* externos, o objetivo proposto foi alcançado. A este novo conceito e na esperança de que todos os *setups* se realizem em menos de dez minutos, Shingo chamou-lhe *Single Minute Exchange of Die* - SMED (Shingo, 2000). A metodologia SMED é assim o resultado de dezanove anos de estudos de aspetos teóricos e práticos e da experiência na melhoria de *setups*.

2.3. Metodologia SMED

Shingo (2000) afirma que o SMED é uma abordagem científica para a redução do tempo de *setup*, que pode ser aplicada em qualquer fábrica e em qualquer máquina. A metodologia, segundo Shingo, assenta em quatro fases (ver Figura 1):

- ❖ **Fase Inicial:** Situação inicial, onde não existe distinção entre *setup* interno e externo. Nesta fase o trabalho que poderia ser executado externamente é realizado internamente o que leva à paragem dos equipamentos por longos períodos.
- ❖ **Fase 1:** Separar *setup* interno e externo. Considerada a fase mais importante para atingir com sucesso a implementação de uma metodologia SMED. Nesta etapa é conveniente observar detalhadamente as condições do *setup* no chão de fábrica, para isso deve-se fazer uma análise contínua da produção recorrendo a cronometragens, filmagens ou até a entrevistas aos operadores.
- ❖ **Fase 2:** Converter *setup* interno em externo. A fase 2 visa converter o máximo de tarefas internas em externas. A classificação das operações deve ser revista para garantir que não existem operações externas classificadas como internas. Devem ser encontrados meios para converter operações realizadas com a máquina parada em operações realizáveis com a máquina em funcionamento como, por exemplo, a realização prévia de aquecimentos, montagens e centragens.
- ❖ **Fase 3:** Racionalizar todos os aspetos da operação de *setup*. Pretende-se uma melhoria sistemática de cada elemento da operação de *setup* interno e externo. Nesta fase deve ser analisado em detalhe cada elemento da operação de modo encontrar soluções que permitam a redução de cada tarefa e inclusive a eliminação de algumas operações do *setup*. As fases 2 e 3 podem ser aplicadas em simultâneo.

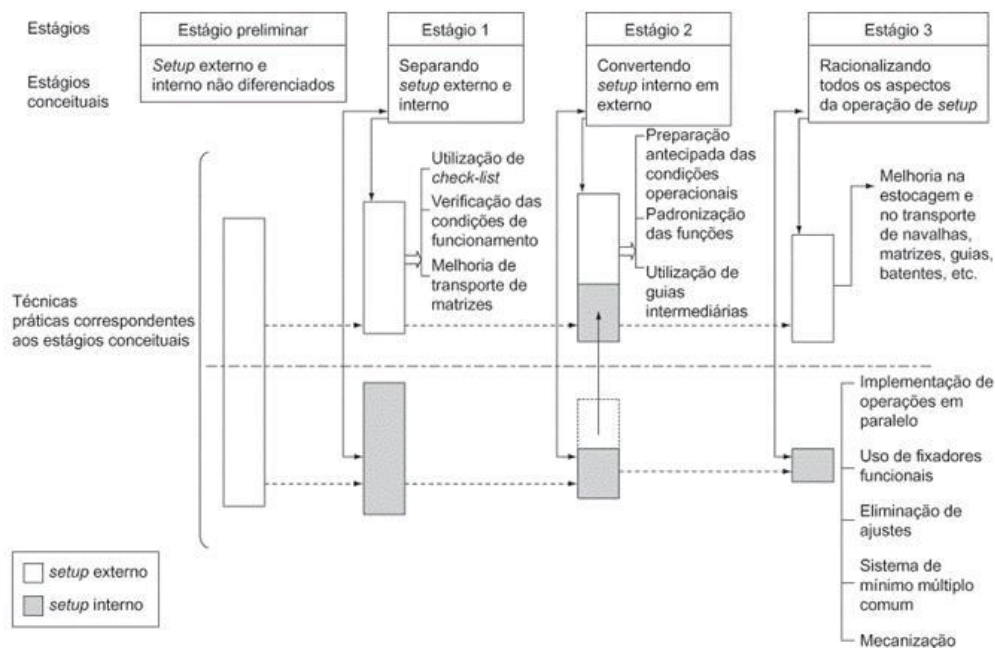


Figura 1- Metodologia SMED [Fonte: (Shingo, 2000)]

2.4. Pré-requisitos à implementação

O estudo realizado por Moxham & Greatbanks (2001), no sector têxtil, sugere um conjunto de pré-requisitos à implementação efetiva da metodologia SMED, denominados de SMED-ZERO. Para os autores a aplicação exclusiva da metodologia de Shingo pode ser ineficaz devido a barreiras culturais, processuais e de gestão. Em resultado desta pesquisa os requisitos são agrupados em quatro áreas fundamentais:

Abordagem ao trabalho em equipa para a comunicação

Em qualquer processo de mudança é vital um compromisso da gestão, difundido a toda a força de trabalho. Deve ser transmitida aos colaboradores uma mensagem clara dos objetivos do programa SMED. Devem existir métodos para garantir a difusão da informação, como por exemplo, reuniões mensais.

O papel do colaborador é fundamental no sentido em que as suas ideias e opiniões formam a chave para o sucesso do projeto e como tal é necessário incentivá-las. É importante que o colaborador receba um feedback regular de todos os gestores envolvidos de modo a que perceba a sua importância no projeto.

Devem ser organizadas, regularmente, reuniões SMED envolvendo os colaboradores, a frequência e os participantes podem ser ajustados ao longo do projeto consoante as necessidades. A pesquisa levada a cabo pelos autores indica que caso existam diversos turnos, o foco do processo de melhoria deve-se centrar num único, a fim de superar as dificuldades entre os turnos, inerentes à disputa entre os mesmos, podendo resultar em

problemas, nomeadamente ao nível da desmotivação dos não envolvidos. É recomendável a presença de todos os turnos nas reuniões, devendo ser dedicado um local, próprio, para as reuniões.

Controlo visual na fábrica

É importante que os sistemas produtivos sejam eficientes e para isso é necessário que os métodos produtivos (tais como cargas, descargas, disparar próxima encomenda ou emissão de ordem para matéria-prima) estejam habitualmente nos locais que lhes foram definidos.

A aplicação de métodos de controlo visual contribui significativamente para eliminar a dependência da comunicação verbal nas empresas, comunicação que é nefasta para as organizações, uma vez que, daí podem resultar problemas com transmissão da informação entre as pessoas, demora na passagem da informação, duplicação ou até mesmo esquecimento.

Por outro lado a dependência da comunicação verbal é também perniciosa para os sistemas de medição de desempenho pois o desencadear dos processos tem por base a comunicação verbal e não sistemas documentados.

Medição de desempenho

Sem uma análise do ganho potencial não é possível entender o âmbito do projeto. A medição de desempenho permitirá à empresa ter uma visão instantânea de onde atualmente estão e também em termos de tempo necessário para preparar a máquina. Podem ser desenvolvidos objetivos realistas que detalham os tempos de *setup* realmente necessários.

Se o ganho potencial que resulta para a empresa, a partir da redução dos *setups*, não é comunicado ou compreendido de forma eficaz, o projeto SMED será visto como desnecessário e ser-lhe-á atribuída baixa prioridade. O projeto SMED requer a visão de como os tempos de *setup* serão reduzidos e de qual o resultado necessário. Este processo de visão deve ser comunicado a toda a empresa.

Kaizen com vista a simplificar tanto a avaliação como a medição

O SMED incide na resolução de problemas e em experimentações, utilizando os colaboradores que são aqueles que estão mais próximos do processo e como tal têm o melhor conhecimento dos sistemas e das máquinas. Para que os colaboradores possam desempenhar este papel devem ser capazes de dominar uma variedade de ferramentas e técnicas de comunicação. Se até ao momento não existe uma cultura de incentivo à resolução de problemas, no chão de fábrica, torna-se bastante difícil quebrar este modelo. Deve-se averiguar se os colaboradores dispõem dos conhecimentos necessários para a

realização de tarefas de resolução de problemas, a aposta contínua na sua formação é um procedimento aconselhável.

No que respeita à comunicação interna do progresso do projeto devem estar disponíveis placas de informação nas quais o projeto poderá ser comunicado a todas as áreas de operação. É reconhecido que nem todos os colaboradores podem ter envolvimento direto no projeto desde o seu início mas uma eficaz abordagem da gestão deve incluir toda a organização. O grupo de trabalho pode não acertar à primeira mas a gestão deve comunicar o seu apoio de forma contínua e regular.

Patel, Dale, & Shaw (2001) referem como fatores críticos para a redução efetiva do tempo de *setup* a necessidade de treino por parte dos operadores para com os novos procedimentos de *setup*, o reconhecimento dos colaboradores pelas suas contribuições quer a nível de participação direta em atividades quer em esquemas de sugestões, a importância do apoio da gestão e a utilização de recursos apropriados. Os autores salientam também a importância da realização de um estudo e/ou uma análise de risco/viabilidade de custo-benefício de avaliação para averiguar se o investimento em redução de tempo de *setup* é viável e benéfico.

A revisão efetuada por Dave e Sohani (2012) refere que a aplicação da metodologia SMED pode ser aplicada a qualquer indústria e salienta que formação contínua e a existência programas de sensibilização por parte da gestão de topo para com a gestão de nível inferior são essenciais na obtenção do verdadeiro potencial da técnica SMED.

2.5. Implementação da metodologia SMED

Este ponto apresenta exemplos de aplicações da metodologia SMED na indústria. Pretende-se compreender diferentes contextos de aplicação, conceitos aplicados, metodologias adotadas e ganhos decorrentes.

2.5.1.Exemplo de aplicação da metodologia SMED numa linha de maquinação CNC

A necessidade de melhorar a produtividade e aumentar o mix de produtos, possibilitando ao mesmo tempo o aumento da utilização da capacidade dos recursos motivaram Timasani, Mahesh, & Doss (2011) a realizar um estudo, numa linha de maquinação CNC, recorrendo à implementação da metodologia SMED. O trabalho foi desenvolvido numa empresa, localizada na Índia, prestadora de serviços na área de componentes automóveis.

Os autores iniciaram o trabalho com a caracterização do problema encontrado e identificaram a meta a atingir, os objetivos e a metodologia. A caracterização do problema

evidenciou a incapacidade da empresa em lidar com a crescente procura por parte dos seus clientes e uma das causas identificadas foi o elevado tempo consumido em *setups* entre a mudança de produtos, provocando perda da capacidade produtiva. A linha de maquinação é caracterizada pela produção de um baixo mix de produtos e em simultâneo de elevadas quantidades originando acumulação do *Work in Process* (WIP). Este fato contribui para que o capital fique bloqueado em WIP e não permita a rotação de fluxo de caixa a fim de obter mais lucros e menos fluxo de juros à banca.

O propósito do trabalho foi tornar a empresa competitiva e para isso é fundamental que ela abranja um elevado mix de produtos e menos WIP. Timasani *et al.* (2011) estabeleceram como meta a redução do tempo de *setup*, na linha de maquinação CNC, de duas horas e meia para menos de dez minutos, com recurso à aplicação de técnicas SMED.

Os objetivos, propostos pelos autores, neste trabalho foram:

- Estudar a metodologia do processo de *setup* da linha de maquinação CNC existente;
- Identificar semelhanças em operações entre todos os produtos e padronizar ferramentas de corte;
- Projetar sistemas de troca rápida de fixação factíveis;
- Implementar a metodologia SMED e medir os seus benefícios;
- Padronizar o processo;

A metodologia, no essencial, é estabelecida pelo cumprimento dos objetivos estabelecidos anteriormente, onde se salienta a realização de uma simulação do projeto para expor os benefícios, virtualmente antes da implementação real. Os investimentos previstos, *payback* e benefícios económicos foram calculados para a implementação do novo sistema projetado com auxílio de estudos de simulação em tempo real.

A etapa de recolha e análise da informação iniciou-se com a realização do estudo do tempo para possibilitar a compreensão das diferentes atividades envolvidas, metodologias do processo adotadas e o tempo necessário para cumprimento de cada uma das atividades durante todo o processo de *setup*.

Para facilitar a análise do processo agruparam-se as atividades, tendo por base as suas semelhanças. Com intuito de identificar as atividades sob as quais se deveria incidir para resolver o problema de *setup* foi efetuada uma análise de Pareto (Gráfico 1), onde se comprova que a soma das três primeiras causas representa 89,44% do tempo médio de *setup*. Segundo os autores a empresa tem um problema na definição de parâmetros do processo e necessita de reengenharia de processos.

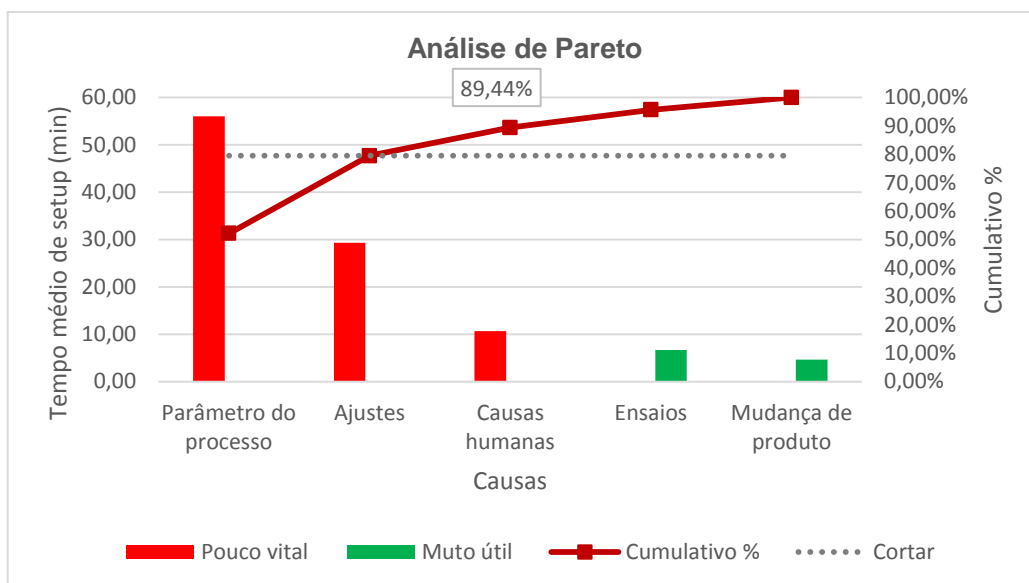


Gráfico 1 - Análise de Pareto [Fonte: Adaptado de (Timasani, Mahesh, & Doss, 2011)]

Para identificar as possíveis causas que estão na raiz do elevado tempo de *setup* foi realizada uma sessão de *brainstorming* onde foram listadas várias causas que, posteriormente, originaram um diagrama de causa efeito. O diagrama contemplou os fatores ambiente, pessoas, máquina e método, onde se destacam, respetivamente, as causas: falta de envolvimento dos colaboradores, falta de formação, *poka-yokes* pobres e falta de ferramenta generalizada, sistema de 5S pobre e falta de procedimentos operacionais padronizados.

Concluída a fase de recolha de dados foi estabelecido um procedimento solução (Figura 2), respeitando as atividades agrupadas na etapa anterior.

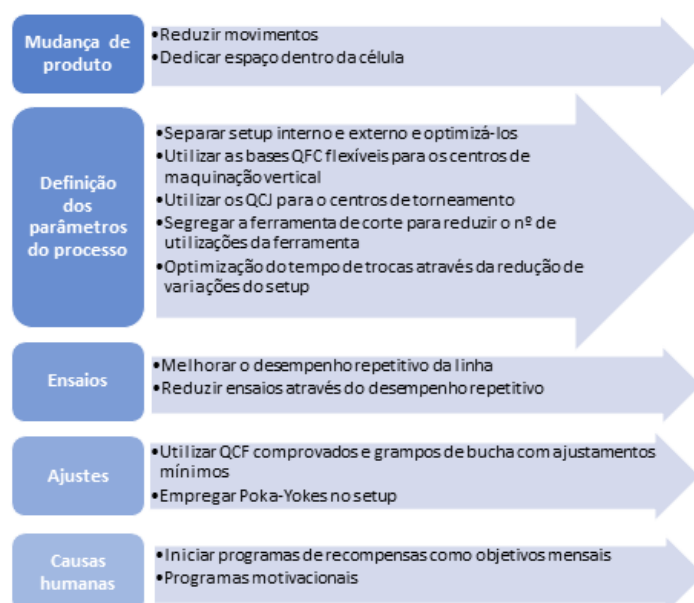


Figura 2- Procedimento solução [Fonte: Adaptado (Timasani, Mahesh, & Doss, 2011)]

Com base neste procedimento solução foram propostos novos sistemas de mudança rápida de fixação denominados *Quick Change Fixture (QCF)* e *Quick Change Jaw (QCJ)*. Estas mudanças de projeto terão impacto direto na definição de parâmetros do processo onde foi estimada uma redução de tempo superior de 75%. Foi ainda estimado que o processo de reengenharia permita uma redução de 10% do tempo de *setup*. O objetivo do projeto, na sua totalidade, visou a redução de 85% do tempo despendido em *setup*. No que respeita à mudança rápida de grampos (*QCJ*), verificou-se que os operadores dos centros de torneamento CNC utilizavam buchas de torno tradicionais e substituíam toda a bucha consoante a variação da geometria do produto a fixar. Para um determinado tipo de produto o operador substituíam apenas os grampos de fixação mas o tempo de substituição dos mesmos é bastante elevado. Foi com propósito de evitar ensaios, erros e todo o sistema de substituição de buchas que os novos grampos de mudança rápida foram projetados, permitindo a fixação de vários produtos na mesma bucha.

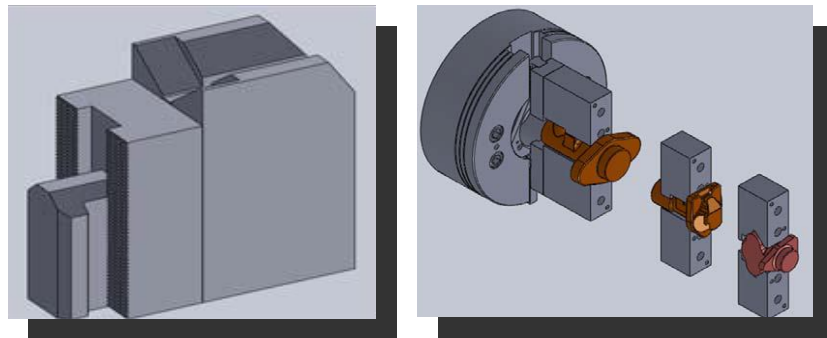


Figura 3- Processo *QCJ* proposto [Fonte: (Timasani, Mahesh, & Doss, 2011)]

Relativamente à mudança rápida de fixação (*QCF*), nos centros de maquinação verticais, constatou-se que as fixações eram aplicadas diretamente na mesa da máquina e cada mudança de produto ocorrida implicava desligar a máquina e posteriormente retirar todos os parafusos e porcas para de seguida os fixar de novo. O projeto proposto para o novo *QCF* é mostrado na Figura 4, onde se verifica que o mesmo é composto por duas metades, uma delas fixa e a outra com movimento. O procedimento de trabalho estabelecido para *QCF* foi definido pelas seguintes fases: a paleta base é fixada permanentemente na mesa da máquina através de parafusos e porcas, a paleta é acomodada com os produtos, o *QCF* trabalha com mecanismos “*pick and place*”, o bloqueio da paleta funciona em mecanismo de encaixe e desbloqueia com recurso a ar pneumático.

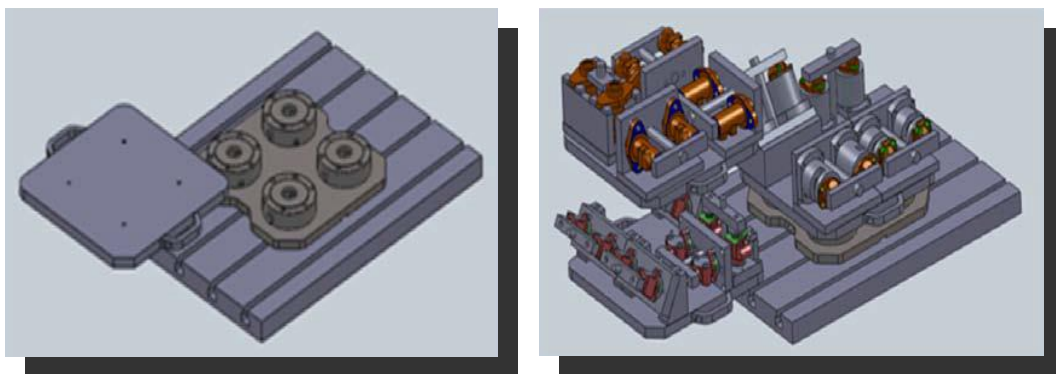


Figura 4- Processo QCF proposto [Fonte: (Timasani, Mahesh, & Doss, 2011)]

Os projetos foram validados através de simulações de factibilidade realizados em *SolidWorks*. No que respeita aos resultados esperados, o tempo de *setup* estabelecido como esperado foi seis vezes menor em comparação com o tempo atual. No plano do investimento estimado e *payback* associado as estimativas são apresentadas na Tabela 1 e na Tabela 2.

Descrição	Conjuntos / Horas	Custos estimados (INR)
Conjunto Palete	3 cnj	55,80
QCJ	3 cnj	9,60
Maquinação Adicional	7 hrs	5,25
Montagem e Teste	12 hrs	2,40
Total		73,05

Tabela 1- Custos estimados da implementação Fonte: [(Timasani, Mahesh, & Doss, 2011)]

Os benefícios económicos decorrentes da aplicação da metodologia SMED foram considerados para um período de operação de um ano. O período de retorno do investimento, excluindo o custo com o operador, é de cerca de seis meses.

Descrição	Setuo inicial	Novo <i>setup</i>	% Mudança	Poupança Anual
Inatividade no <i>Setup</i>	2,6	0,3	- 88,61 %	+ 576,70
<i>Setup</i> Off-line	3,1	1,05	- 66,13 %	+ 75,20
Operadores de linha	2	3	+ 50,00 %	- 96,00
Total				+ 555,90 INR

Tabela 2- Benefícios económicos [Fonte: (Timasani, Mahesh, & Doss, 2011)]

O Gráfico 2 comprova a existência de um enorme potencial no que respeita à melhoria do tempo de *setup*.

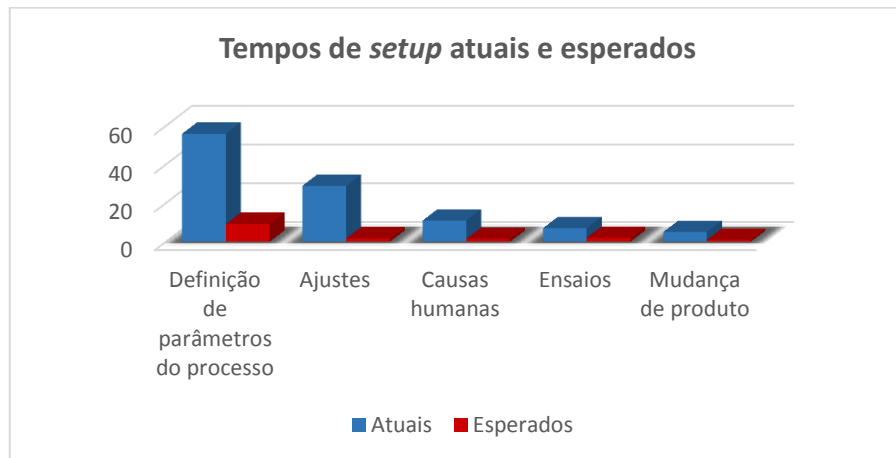


Gráfico 2 - Análise comparativa dos tempos de *setup* atuais e esperados [Fonte: Adaptado (Timasani, Mahesh, & Doss, 2011)]

2.5.2.Exemplo de aplicação da metodologia SMED para melhoria do valor de OEE

É com o objetivo de desenvolver uma estrutura que envolva a implementação da integração de ferramentas da qualidade na melhoria do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e com intuito de atingir um valor de OEE de classe mundial que Puvanasvaran, Kim e Siang (2012) desenvolvem um estudo centrado no processo de esterilização industrial. Os autores selecionaram o processo de esterilização, como objeto de estudo, visto ser o gargalo que contribuía para retardar a produção e expedição. No desenvolvimento do trabalho foram utilizadas algumas ferramentas de análise para identificar e investigar as causas do baixo OEE na empresa em estudo, ao mesmo tempo utilizaram-se ferramentas de apoio para facilitar a implementação da metodologia.

O estudo foi organizado em quatro fases: observação, recolha de dados, análise dos dados e ações de melhoria. A fase de observação visou entender e compreender a operação estudada, para isso, os autores, recorreram a entrevistas com operadores. Os dados atuais de OEE foram calculados e foi realizada uma análise ao estudo do tempo para identificar os problemas que afetam o desempenho do OEE. Tendo por base o estudo do tempo, foi desenvolvido o VSM para identificar claramente os processos gargalo e a área de desperdícios, com atividades sem valor acrescentado, no fluxo do processo. A análise de causa e efeito foi aplicada para refletir sobre as possíveis causas que contribuem para o gargalo no processo de esterilização levando ao baixo valor de OEE.

Por outro lado o *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) foi utilizado para identificar o Risk Priority Number (RPN) dos potenciais modos de falha através da gravidade, ocorrência e deteção de cada subprocesso calculado. Posteriormente, o modo de falha

identificado com maior valor de RPN foi eliminado através da implementação de ferramentas da qualidade.

Na fase final do estudo foi proposta, como ação de melhoria, a implementação da abordagem SMED como solução alternativa que contribui para melhoria de perdas de tempo no processo. A metodologia SMED é proposta também como medida preventiva na melhoria, onde será eficaz na eliminação de tempos de trocas e setup. A Tabela 3 resume a metodologia utilizada, neste estudo, e as respectivas ferramentas e técnicas aplicadas em cada uma das fases.

Fase		Ferramentas e Técnicas
1	Observação	Fluxo do processo
2	Recolha de dados	Abordagem OEE
		Gráfico de barras
3	Análise dos dados	Value Stream Mapping (VSM)
		Diagrama de Causa e Efeito
		Failure Mode Effect Analysis (FMEA)
		Gráfico de Pareto
4	Ação de melhoria	Single Minute Exchange Die (SMED)

Tabela 3 - Resumo da metodologia utilizada na melhoria do OEE no processo de esterilização industrial [Fonte: (Puvanasvaran, Kim, & Siang, 2012)]

O desenvolvimento do VSM aplicado ao processo de carregamento possibilitou a identificação dos desperdícios de tempo despendidos nos subprocessos relativamente ao tempo despendido no processo, evidenciando o gargalo que contribui com 129,26 minutos de tempo sem valor acrescentado. Este valor representa uma fatia de 84,80% uma vez que o tempo total é de 152,92 minutos. O VSM permitiu também identificar tempos de *setup* de 123,47 minutos, valor mais elevado comparativamente com tempos gastos em inspeção e transporte.

A análise de causa efeito permitiu classificar agrupar os principais problemas que levam ao excessivo tempo de *setup* nas seguintes causas: método, homem, máquina e materiais. Todavia com a aplicação deste método saltou à vista a diversidade de sub-causas possíveis na contribuição para o excessivo tempo de *setup*, surgindo portanto a necessidade de identificar a ocorrência e gravidade dos potenciais modos de falha e o seu impacto na contribuição para o baixo valor de OEE de todo o processo. O estudo FMEA concluiu que a maioria dos problemas ocorre antes da esterilização conduzindo ao excessivo tempo de *setup* na secção de esterilização. Visto que a maior parte das atividades envolvem ações de instalação e *setup*, a técnica e ferramenta alternativa centra-se na eliminação dos tempos sem valor acrescentado despendidos no processo de carregamento. Reunidas as condições, foi então introduzida a implementação da metodologia SMED de acordo com as quatro fases da metodologia SMED descrita no

ponto 2.3. A aplicação da metodologia SMED permitiu melhorias significativas na redução dos tempos de atividades sem valor acrescentado (NVA) conforme revela a Tabela 4.

	Tempo (minutos)			Percentagem de Melhoria (%)
	Antes da Implementação	Depois da Implementação	Redução de Tempo	
Total VA	585,73	555,73	30	5,12%
Total NVA	367,37	297,37	70	19,05%

Tabela 4 – Tempos de atividades com (VA) e sem (NVA) valor acrescentado [Fonte: Adaptado (Puvanasvaran, Kim, & Siang, 2012)]

O estudo do processo de esterilização culminou com o estabelecimento de um fluxograma (Figura 5) para monitorização e melhoria do valor do valor de OEE integrando ferramentas da qualidade. O fluxograma poderá ser aplicado em todas as áreas de máquinas de uma organização que pretende subir o seu valor de OEE para um valor de *benchmarking* mundial de 85% ou superior. Segundo Puvanasvaran *et al.* (2012) O fluxograma pode ser estabelecido por procedimentos operacionais padronizados para melhorar a condição atual do fluxo de produção em todos os centros de máquinas e não apenas na secção de esterilização.

Os autores concluem que a proposta de implementação da metodologia SMED apenas pode ser seguida no caso da análise do problema, na fase anterior, provar que a causa raiz está no *setup* do processo de esterilização.

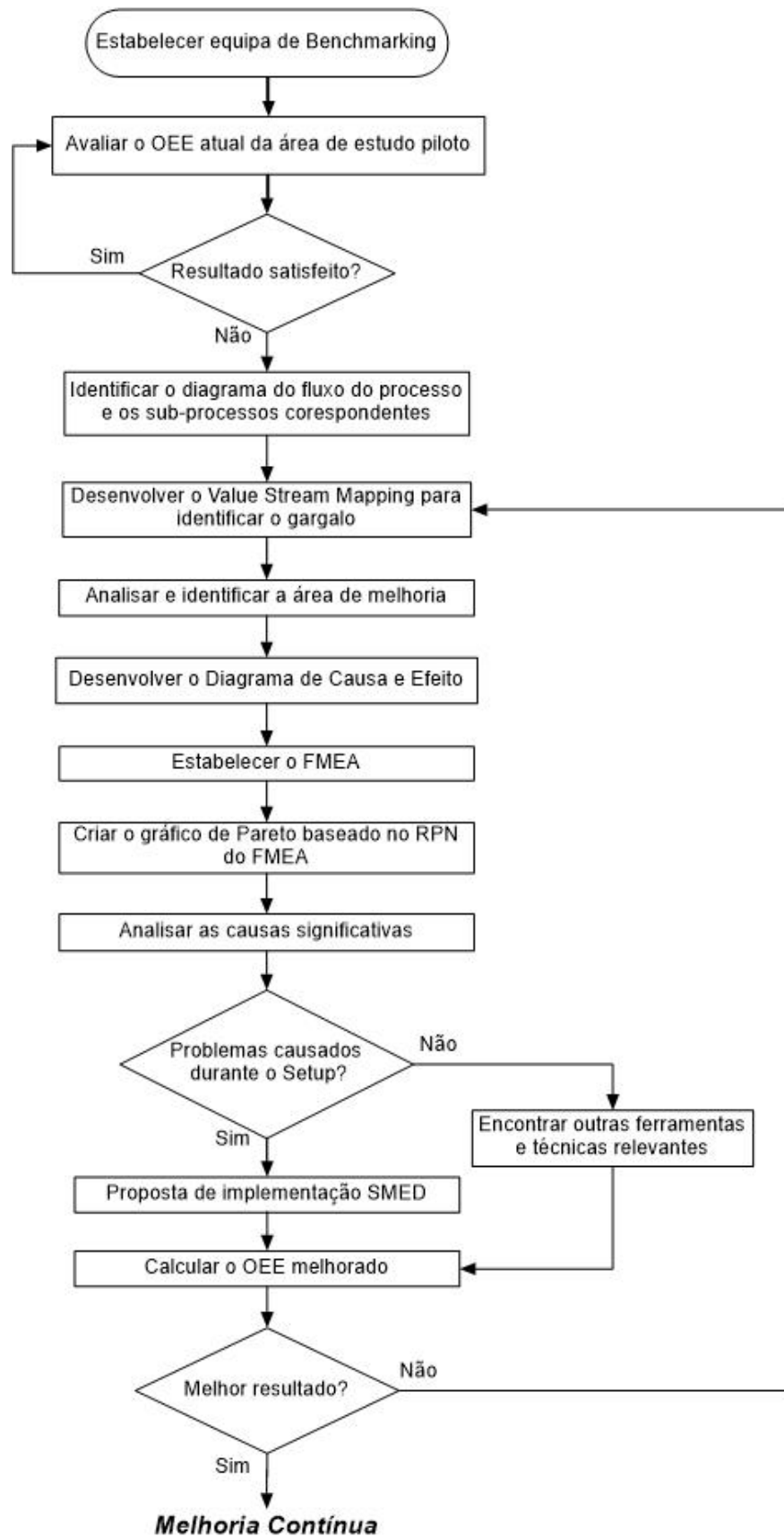


Figura 5 – Fluxograma de desenvolvimento da integração de ferramentas da qualidade na melhoria do OEE [Fonte: Adaptado (Puvanasvaran, Kim, & Siang, 2012)]

2.6. Ferramentas utilizadas na aplicação da metodologia

Neste ponto são explanadas as ferramentas que servirão de apoio à implementação da metodologia SMED no capítulo 3.

2.6.1. Value Stream Mapping – VSM

A aplicação da ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM) permitirá a visualização de todo o percurso de um determinado artigo a fim de efetuar o diagnóstico para a identificação de todas as ações e posteriormente distinguir as que criam valor das que não acrescentam valor. Por sua vez a aplicação do Diagrama de Causa e Efeito possibilitará a identificação de possíveis causas e problemas.

A aplicação da ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM) é vista como uma etapa muito importante antes de iniciar uma estratégia *lean* numa organização, uma vez que, o trabalho do VSM é preparar para implementar rapidamente qualquer melhoria. O VSM permite visualizar o percurso de um produto ou serviço ao longo de toda a cadeia de valor. Trabalhar a partir da perspectiva da cadeia de valor garante ao gestor uma visão global dos processos, não se concentrando apenas nos processos individuais ou na otimização das partes (Pinto, 2009).

James Womack e Daniel Jones, através do livro “*Lean Thinking*” (1996), introduziram pela primeira vez o conceito VSM ao descreverem um processo passo a passo para tornar uma produção *lean* (ver Figura 6).

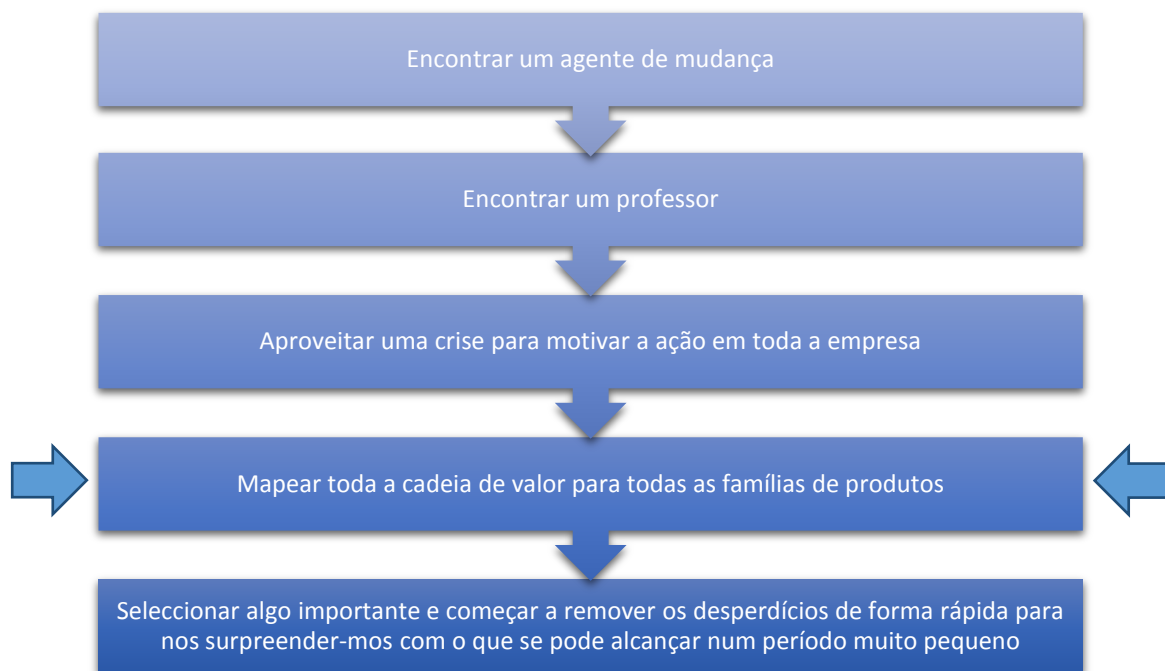


Figura 6 - Etapas para uma produção lean [Fonte: Adaptado (Hogfeldt, 2005)]

Mais tarde o método foi desenvolvido por Rother e Shook (1999) onde os autores apresentam uma visão detalhada do VSM e explicam em que consiste, como se concebe e implementa. Esta é descrita como uma ferramenta de lápis e papel que ajuda a visualizar e compreender todos os fluxos de materiais e informações necessários para transformar um produto ao longo da cadeia de valor. Para os autores o significado de mapeamento da cadeia valor é simples: seguir o caminho de produção de um produto desde o cliente até ao fornecedor e desenhar cuidadosamente uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação. Posteriormente à representação da situação atual deve ser colocado um conjunto de questões chave que ajudarão a definir um novo mapa de como o valor deve fluir, ou seja, o mapa do estado futuro.

O objetivo do VSM é realçar as fontes de desperdício e eliminá-las para, de seguida, criar um estado futuro para a cadeia de valor que se pode tornar realidade num curto espaço de tempo. A finalidade do método passa pela construção de uma cadeia onde os processos individuais estão ligados aos seus clientes por um fluxo contínuo (sistema *pull*) e cada processo fica o mais aproximado possível de produzir apenas o que o cliente precisa e quando precisa.

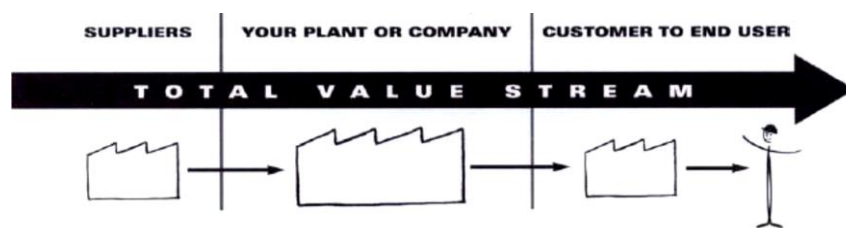


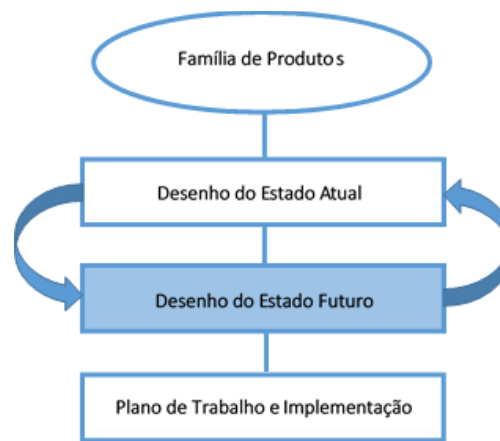
Figura 7 - Value Stream Mapping Total [Fonte: (Rother & Shook, 1999)]

❖ Selecionar uma família de produtos

O primeiro passo para entender o VSM, antes de o construir, é a necessidade de focalização numa determinada família de produtos. Os clientes não se preocupam de igual modo com todos os seus produtos, preocupam-se mais com produtos específicos deste modo não se torna necessário mapear tudo o que ocorre no chão de fábrica. Mapeamento da cadeia de valor significa caminhar e desenhar as etapas do processo (informação e materiais) para uma determinada família de produtos de “porta a porta” na fábrica. A identificação da família de produtos deve ser feita através do cliente final na cadeia de valor. Entende-se por família o grupo de artigos que passam por processos e equipamentos semelhantes. Além da identificação clara da família de produto selecionada deve-se registar, também, a quantidade de peças distintas acabadas existentes na família, o quanto são requeridas pelo cliente bem como a frequência (Rother & Shook, 1999).

❖ Utilizar a ferramenta de mapeamento

VSM pode ser aplicado como uma ferramenta de comunicação, uma ferramenta de planeamento de negócio ou como uma ferramenta para gerir processos de mudança. A construção de um VSM, inicialmente, segue as etapas identificadas na Figura 8. A etapa “*future-state drawing*” surge realçada uma vez que o objetivo é desenhar este mapa (estado futuro) e introduzir uma cadeia de valor *lean*.



Etapas iniciais do Value Stream Mapping

Figura 8 - Fluxograma do processo de desenvolvimento do VSM [Fonte: Adaptado (Rother & Shook, 1999)]

O primeiro passo é desenhar o estado atual, que é feito através da recolha de informação no chão de fábrica, esta etapa fornece a informação necessária para o desenvolvimento do estado futuro. As setas representadas, nos dois sentidos, entre os estados atual (“*current-state drawing*”) e futuro (“*future-state drawing*”) sugerem que o desenvolvimento dos dois estados corresponde a esforços sobrepostos e contínuos. As ideias para o desenvolvimento do estado futuro surgirão naturalmente ao desenhar o estado atual, da mesma forma que ao desenhar o estado futuro irão imergir informações importantes acerca do estado atual que nos escaparam anteriormente.

A etapa final consiste em preparar e começar a utilizar um plano de implementação das ações de melhoria que descreva, numa única página, como se pretende atingir o estado futuro. Depois de tornar o estado futuro numa realidade deve-se desenhar um novo mapa para um novo estado futuro. Deve existir sempre um mapa para o estado futuro, deste modo está assegurada uma melhoria contínua ao nível da cadeia de valor.

Hogfeldt (2005) define como principais etapas do VSM:

- ❖ Criar um mapa do estado atual que identifique o processo de cadeia de valor no momento.
- ❖ Criar um mapa do estado futuro que mostre como o processo irá estar no futuro.

- ❖ Implementar mudanças que permitirão obter um processo mais próximo do mapa do estado futuro.

❖ Desenhar os mapas dos estados atual e futuro

O objetivo é andar na cadeia de valor desde a expedição até à matéria-prima e esquematizar o fluxo de valor. Para desenhar o VSM são necessários símbolos que representem processos e o fluxo de materiais e informação, no Anexo A. encontram-se representados os principais ícones para o fluxo materiais, informação assim como outros ícones gerais. Esta etapa, idealmente, deve ser executada no chão de fábrica. É importante obter um fluxo de dados no mapa pois pretende-se visualizar um quadro geral, como exemplifica a Figura 9 e não apenas processos individuais.

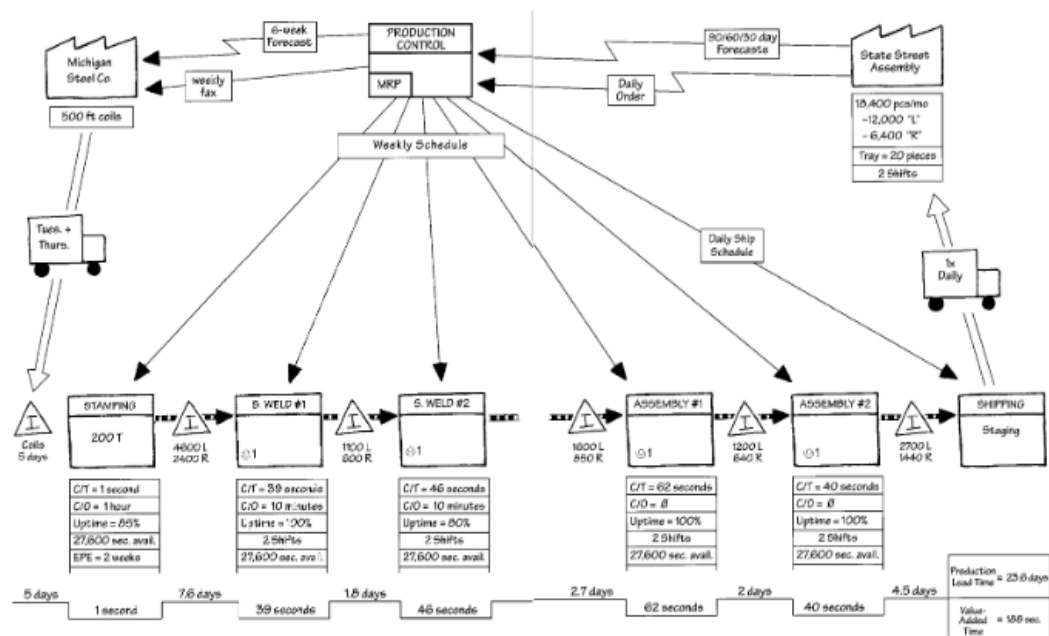


Figura 9 - Exemplo de um mapa VSM estado atual [Fonte: (Rother & Shook, 1999)]

Conforme ilustra o exemplo acima a cada caixa do processo corresponde uma caixa de dados com informação relativa a cada processo, tipicamente os dados recolhidos são:

- ✓ Tempo de ciclo (C/T – Cycle time);
- ✓ Mudança de ferramenta (C/O – Changeover time);
- ✓ Disponibilidade do equipamento;
- ✓ *Every part every* (tamanho dos lotes de produção);
- ✓ Número de operadores;
- ✓ Número de variações do produto;
- ✓ Tamanho do lote;
- ✓ Tempo de trabalho (excluindo paragens);
- ✓ Percentagem de sucata.

Quando a aplicação do método incide numa instalação existente, com um produto e um processo já existentes, alguns dos desperdícios ao longo da cadeia de valor são resultado do *design* do produto, do processamento de máquinas já adquiridas ou da localização remota de algumas atividades. Normalmente estas características do estado atual não podem ser alteradas de imediato.

A primeira iteração do mapa do estado futuro, provavelmente, será a de assumir os projetos atuais de produtos, tecnologias do processo e questões de localização, em simultâneo deve-se remover todas as fontes de desperdício não causadas por estes recursos (Hogfeldt, 2005).

Rother e Shook (1999) descobriram que a ajuda mais útil para desenhar mapas do estado futuro é a lista de questões chave descrita abaixo. Ao responder ao conjunto de perguntas pela sua sequência desenvolvem-se conceitos para um estado futuro. Com base nas respostas a estas perguntas, as ideias são marcadas diretamente no mapa do estado atual com um lápis vermelho. Uma vez elaborados os pensamentos para o estado futuro, o mapa para o estado futuro está então em condições de ser desenhado.

- ❖ 1 - Qual é o tempo *takt time*, com base no tempo de trabalho disponível do processo mais próximo do cliente?
- ❖ 2- Vai construir-se a um supermercado de produtos acabados a partir do qual o cliente puxa, ou diretamente para a expedição?
- ❖ 3 - Onde se pode usar um fluxo contínuo do processo?
- ❖ 4 - Onde vai ser preciso usar sistemas *pull* de supermercados, a fim de controlar a produção de processos a montante?
- ❖ 5 - Em que ponto único da cadeia de produção se vai programar a produção- *the pacemaker process* (processo de produção controlado pelos pedidos do cliente externo)?
- ❖ 6 – Como é que se vai nivelar o mix de produção no “*pacemaker process*”?
- ❖ 7 – Qual o incremento de trabalho que se vai libertar de forma consciente e tirar no processo “*pacemaker*”?
- ❖ 8 – Que melhorias no processo serão necessárias para que a cadeia de valor flua conforme especificado pelo projeto para o estado futuro?

De seguida são apresentadas as principais vantagens e desvantagens da técnica VSM.

Vantagens da técnica VSM

Braglia, Frosolini, & Zammori (2009) destacam as seguintes vantagens quando comparado o VSM a outras técnicas de mapeamento:

- Mostra a relação entre os fluxos do produto e da informação;
- Contém informação relacionada com o tempo de produção e com níveis de *stock*;

- Permite visualizar todo o processo produtivo não se centrando apenas num único subprocesso;
- Relaciona o planeamento de produtos e a previsão da procura, tanto para programação da produção como controlo do fluxo da fábrica, recorrendo a parâmetros como o *takt-time*;
- Toma decisões sobre o fluxo atual, permitindo às pessoas a sua discussão;
- É uma ferramenta transversal a gestores e colaboradores que simplifica a comunicação por se tratar de uma linguagem comum;
- Estabelece a base de um plano de implementação bem estruturado;

Khaswala & Irani (2001) salientam as seguintes potencialidades:

- Relaciona o processo produtivo com a cadeia de abastecimento, os canais de distribuição e fluxos de informação;
- Constitui a base para uma implementação *lean Manufacturing*;
- Fornece à empresa como que um projeto para o planeamento estratégico para a implementação dos princípios *lean thinking* na transformação para uma empresa *lean*;

Desvantagens da técnica VSM

No seu estudo Braglia *et al.* (2009) identificam as seguintes desvantagens:

- Trata-se de um método manual, baseado em lápis e papel, e como tal não proporciona elevado nível de precisão nem elevado número de versões;
- Não apresenta uma estrutura do *layout* e o impacto deste nos atrasos com movimentação de matérias entre operações;
- Falha ao exibir o impacto do fluxo ineficiente de materiais no trabalho em curso;
- Não é indicado para empresas cuja produção é caracterizada por elevada variedade e baixo volume (HVLV), onde a cadeia de valor é composta por inúmeros produtos e componentes;
- Falha ao mapear cadeias de valor caracterizadas por multi-fluxos concentrados num único;
- Não é apropriado para um célere desenvolvimento e avaliação de diferentes cenários hipotéticos que necessitam de ser priorizados;

Pos sua vez Khaswala & Irani (2001) reconhecem as seguintes lacunas:

- Não é funcional ao mapear produtos cujos mapas de fluxo de materiais não sejam idênticos;
- Não menciona qualquer medida de valor económica pra definir o “valor”;

- É direcionado para fluxos contínuos, *layout* de linha de montagem e sistemas *pull* baseados em Kanban que por sua vez são apropriados a sistemas de produtivos de elevado volume e reduzida variedade;

2.6.2.Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Causa e Efeito, também conhecido de Ishikawa ou Espinha de Peixe (devido à semelhança com o esqueleto de um peixe), é aplicado para associar várias causas possíveis a um único efeito. A construção do diagrama visa identificar e organizar as possíveis causas para um único efeito em particular. Na aplicação do diagrama de causa e efeito ao setor da produção as causas são, habitualmente, organizadas em quatro categorias principais: mão-de-obra, métodos, materiais e máquinas. No caso dos serviços as categorias são: equipamentos, políticas, procedimentos e pessoas.

Kaoru Ishikawa, especialista Japonês em qualidade e criador deste método defendeu o diagrama como uma ferramenta para eliminar possíveis causas em categorias mais detalhadas, para que possam ser organizadas e relacionadas em fatores que ajudam a identificar a causa raiz (Mahto & Kumar, 2008).

Leavengood & Reeb (2009) definem o diagrama de causa e efeito como uma ferramenta gráfica para organizar e exibir as inter-relações das várias teorias sobre a causa raiz de um problema. Os diagramas de causa e efeito são, geralmente, construídos com um esforço em equipa para que se alcance um consenso quanto às causas mais prováveis, nesse sentido cada elemento partilha os seus conhecimentos e experiências em torno do problema. O desenvolvimento do diagrama de Ishikawa envolve, muitas vezes, exercícios de *brainstorming* estruturados ou não estruturados. No processo de *brainstorming* estruturado *cada* elemento do grupo tem a sua vez para apresentar as suas ideias ao invés do processo não estruturado onde cada um apresenta as ideias à medida que vão surgindo.

A elaboração de um diagrama de causa e efeito envolve as seguintes etapas:

- ❖ Definir claramente o problema (efeito). Nesta fase o problema deve ser claramente expresso e compreendido por todos.
- ❖ Determinar qual formato adequado para o diagrama. A equipe deve decidir qual o formato mais adequado se a análise de dispersão ou de classificação do processo. Na análise de dispersão o diagrama é estruturado de acordo com as principais categorias de causas, como máquinas, métodos, materiais, operadores e ambiente. Por outro lado, no formato de classificação do processo o diagrama é estruturado de acordo com as etapas inerentes ao processo produtivo.
- ❖ Desenhar um diagrama de causa e efeito em branco.

- ❖ Iniciar o processo de *Brainstorming* para determinar as causas potenciais do problema.
- ❖ Passar para a raiz (causa). Deve-se garantir que as causas são exploradas em detalhe de modo a identificar a causa fundamental ou raiz.

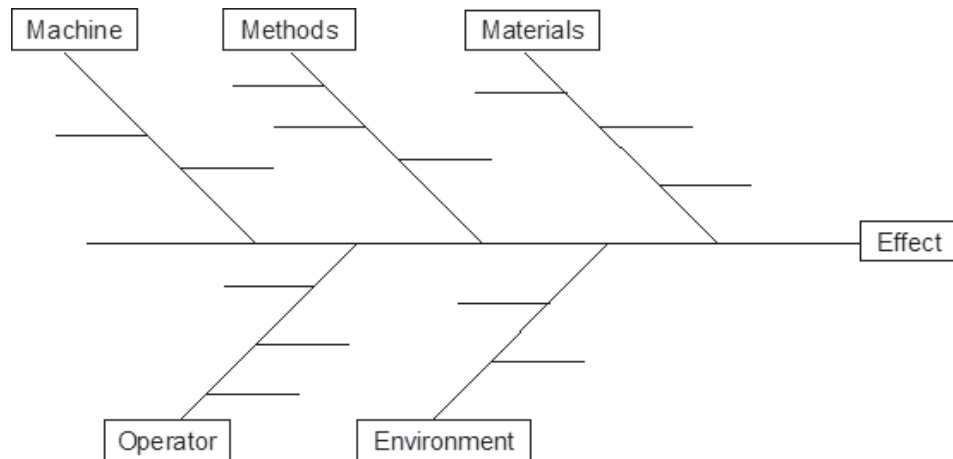


Figura 10- Diagrama de Causa e Efeito em branco [Fonte: (Leavengood & Reeb, 2009)]

Vantagens da aplicação do Diagrama de Causa e Efeito

(Needs Assessment Knowledge Base, 2007) (12Manage, 2014)

- Ajuda a encontrar e considerar todas as possíveis causas de um problema, sem se restringir às mais óbvias;
- Ajuda a determinar, de uma forma estruturada, as causas de um determinado problema ou característica de qualidade;
- Técnica de fácil implementação pois permite criar uma representação visual fácil onde facilmente se compreendem as causas, as categorias das causas, bem como o problema ou necessidade;
- Formato fácil de ler e ordenado para esquematizar as relações entre a causa e o efeito;
- Permite focalizar nas causas do problema, sem recorrer a reclamações e discussões irrelevantes;
- Incentiva à participação em grupo e utiliza o conhecimento do grupo do processo;
- A sua aplicação permite aumentar o conhecimento sobre o processo, ajudando todos a aprender mais sobre os fatores de trabalho e como eles se relacionam;
- Permite concentrar o grupo sobre a “grande imagem” de como as possíveis causas ou fatores influenciam um problema/necessidade;
- Identifica áreas para um estudo mais aprofundado, onde há informação insuficiente;

Desvantagens da aplicação do Diagrama de Causa e Efeito

(Needs Assessment Knowledge Base, 2007)

- A simplicidade do diagrama tanto pode significar uma sua força como uma fraqueza. Do ponto de vista da fraqueza, em situações muito complexas a simplicidade pode tornar difícil representar verdadeiramente a natureza interrelacionada de problemas e causas;
- Eventual incapacidade de explorar em detalhe as relações de causa e efeito, tanto quanto desejável;

2.7. Avaliação

O conceito OEE é introduzido neste trabalho com o intuito de avaliar os efeitos das ações de melhoria desenvolvidas. Foi selecionado este indicador uma vez que permite exprimir a eficácia de um equipamento através de um único número. Apoiar a tomada de decisão sobre as ações de melhoria com base em fatos e dados concretos.

2.7.1. Overall Equipment Effectiveness – OEE

Seiichi Nakajima (1988) propôs o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) como uma métrica capaz de avaliar o progresso da *Total Productive Maintenance* (TPM), resultando este indicador da multiplicação dos fatores disponibilidade, desempenho e qualidade. Uma das contribuições importantes do conceito OEE foi o considerar das perdas ocultas dos equipamentos no cálculo da sua utilização. Anteriormente ao aparecimento do conceito OEE, apenas a disponibilidade era considerada na utilização dos equipamentos, o que resultava na superestimação da utilização dos mesmos (Jeong & Phillips, 2001).

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade$$

Equação 2- OEE

Huang *et al.* (2003) destacam a capacidade da métrica OEE na medição da produtividade, individual, dos equipamentos de produção numa fábrica. Silva (2009), considera o OEE um indicador capaz de medir o desempenho de uma forma tridimensional uma vez que permite ter em consideração o tempo útil que um determinado equipamento tem para produzir, a eficiência evidenciada durante o seu funcionamento e a qualidade do produto consequente do processo.

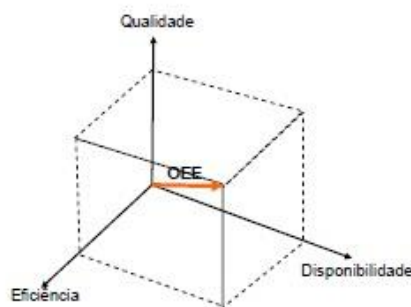


Figura 11 - Tridimensionalidade do OEE [Fonte: (Silva, 2009)]

Atualmente o OEE é considerado um *Key Performance Indicator* (KPI) amplamente usado na indústria moderna com o intuito de avaliar a utilização dos ativos de produção, através da medição da eficiência de uma máquina, de uma linha de produção ou até mesmo de toda uma unidade industrial (Barros & Lima, 2009).

OEE é amplamente utilizado, é um indicador que traduz a quantificação da eficiência e eficácia de uma empresa em relação a sua capacidade planeada, durante o seu tempo de execução planeado. Uma vantagem do OEE é a elevada facilidade em que pode ser dividido, em três medidas, facilitando a monitorização de cada uma delas isoladamente. A disponibilidade (Equação 3) é a medida definida como a porção de horário programado em que o equipamento está disponível para a produção. Por sua vez o desempenho (Equação 4) mede a velocidade com que o equipamento é utilizado durante o seu tempo de produção agendado relativamente à sua capacidade nominal. A qualidade (Equação 5) mede a percentagem de produtos que reúnem os requisitos mínimos de qualidade (Zuashkiani, Rahmandad, & Jardine, 2011).

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de operação}}{\text{Tempo de produção planeado}}$$

Equação 3 – Disponibilidade

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{Total peças} / \text{Tempo de operação}}{\text{Tempo de ciclo ideal}}$$

Equação 4 - Desempenho

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Peças boas}}{\text{Total peças}}$$

Equação 5 - Qualidade

Nakajima (1989) considera que o ponto de partida para o alcance da eficiência global é a identificação das perdas dos equipamentos, uma vez que, as mesmas permitem identificar

a raiz dos problemas. O autor identificou as origens das perdas de produção devidas a problemas relacionados com equipamentos e agrupou-as em três grupos fundamentais:

- Perdas causadas pelas paragens não planeadas;
- Perdas resultantes por o equipamento não funcionar à velocidade/cadência nominal;
- Perdas de produto que não cumprem as especificações;

A partir das três origens de perdas identificadas, Nakajima (1989) estabeleceu as seis principais grandes perdas dos equipamentos produtivos. A Figura 12 demonstra a relação entre as perdas dos equipamentos e cada um dos fatores do OEE.

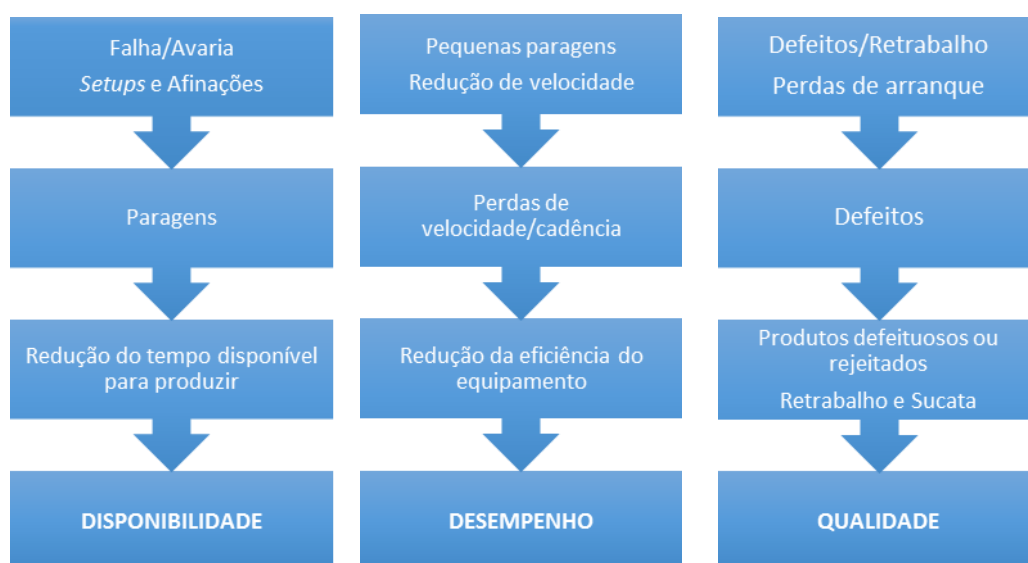


Figura 12 - Relação entre as seis grandes perdas e os fatores do OEE [Fonte: Adaptado (Silva, 2009)]

A eliminação das seis grandes perdas assenta em estratégias e nas respetivas ferramentas aplicadas a cada uma delas. As estratégias podem dividir-se em dois tipos em função dos objetivos desejados e dos prazos para as obter. A Tabela 5 mostra as ferramentas e estratégias que podem ser aplicadas a cada uma das perdas.

Perdas	Estratégias de Eliminação / Redução	Estratégias de Prevenção	Ferramentas Aplicáveis
1 – Falha / Avaria	<ul style="list-style-type: none"> Reparar rápida e eficazmente Detetar e reparar as causas das avarias 	<ul style="list-style-type: none"> Manutenção preventiva Manutenção preditiva 	<ul style="list-style-type: none"> 5S Análise da árvore de falhas (FTA)
		<ul style="list-style-type: none"> Manutenção autónoma Manutenção centrada na fiabilidade (RCM) 	<ul style="list-style-type: none"> Análise P-M Diagrama de Ishikawa
2 – Setups e Ajustagens	<ul style="list-style-type: none"> Reduzir o tempo de mudança 	<ul style="list-style-type: none"> Conceber ou alterar equipamentos incorporando técnicas SMED Equipamentos monoproduto (sem necessidade de mudança) 	<ul style="list-style-type: none"> SMED <i>Poka-Yoke</i> Sistemas Visuais Sistemas no local da utilização Lições de tema único Trabalho padronizado
3 – Pequenas paragens	<ul style="list-style-type: none"> Eliminação das pequenas paragens 	<ul style="list-style-type: none"> Manutenção centrada na fiabilidade (RCM) Automação Autonomação Modificar equipamentos para alimentação contínua 	<ul style="list-style-type: none"> 5S Análise da árvore de falhas (FTA) Análise P-M Kaizen Diagrama de Ishikawa Formação e treino Lições de tema único Trabalho padronizado Diagrama de Pareto
4 – Redução da velocidade	<ul style="list-style-type: none"> Balanceamento das linhas de produção 	<ul style="list-style-type: none"> Engenharia da fiabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> 5S
			<ul style="list-style-type: none"> Análise da árvore de falhas (FTA) Kaizen
5 – Defeitos / Retrabalho	<ul style="list-style-type: none"> Detetar e corrigir as causas dos problemas de qualidade 	<ul style="list-style-type: none"> Manutenção da Qualidade Ações preventivas Autonomação 	<ul style="list-style-type: none"> Controlo estatístico do processo e do produto Qualidade na origem Deis-Sigma <i>Poka-Yoke</i> Trabalho padronizado Kaizen
6 – Perdas de arranque	<ul style="list-style-type: none"> Detetar e corrigir as causas das perdas 	<ul style="list-style-type: none"> Estudar e implementar condições ideais de arranque Modificar equipamentos e ferramentas 	<ul style="list-style-type: none"> SMED Formação e treino Lições de tema único Trabalho padronizado Kaizen

Tabela 5 - Relação entre as seis grandes perdas, estratégias e ferramentas utilizadas [Fonte: Adaptado (Silva, 2009)]

O indicador OEE não se restringe apenas à avaliação de desempenho, é também um conceito útil em aspetos como o planeamento da capacidade, o controlo e melhoria do processo e o cálculo dos custos das perdas de produção. A análise do OEE possibilita a priorização de ações corretivas e a tomada de decisão sobre ações corretivas e de melhoria baseando-se em dados e fatos concretos e não em “opiniões”. Assim a análise do OEE permite que seja dada prioridade às ações que possibilitam melhores e mais rápidos resultados (Silva, 2009).

O cenário de produção perfeita seria uma pontuação do valor de OEE de 100%, produzindo apenas peças conformes no menor tempo possível e sem perdas, mas como este não é um cenário real, de seguida, são apresentados os valores considerados como valores de classe Mundial (OEE, 2014), ou seja, aqueles que devem servir de meta ideal ou objetivo a atingir.

$$OEE \text{ de Classe Mundial} = Disponibilidade 90\% \times Desempenho 95\% \times Qualidade 99,9\% = 85\%$$

Equação 6 - OEE de classe mundial

Uma pontuação OEE de 60% é bastante típica, mas nestes casos percebe-se que há bastante espaço para a melhorias. Um OEE de 40% não é de todo invulgar nas empresas que iniciam a monitorização e melhoria do seu desempenho de produção. Trata-se de um valor baixo mas na maioria dos casos pode ser facilmente melhorado através da aplicação de medidas simples. Na Figura 13 encontram-se representados os valores padrão de OEE para nos vários tipos de indústrias.



Figura 13 - Padrões de OEE na indústria de produção [Fonte: Adaptado (Lean Production, 2014)]

Por muito pequena que seja a melhoria do valor do OEE, poderá sempre criar uma vantagem competitiva significativa, pois ao reduzir o custo de produção, a margem de lucro será maior permitindo maior flexibilidade nas potenciais disputas de preços tão próprias dos dias de hoje (Zuashkiani *et al.* (2011)).

2.8. Conclusão

A revisão bibliográfica é uma etapa fulcral para o desenvolvimento de qualquer caso de estudo. É nesta fase que são explorados conceitos teóricos fundamentais que servirão de suporte ao desenvolvimento do caso de estudo. Após identificação dos objetivos do projeto foi desenvolvida toda a revisão bibliográfica centrada no tema SMED. Abordar a metodologia SMED, em qualquer trabalho, é indissociável de abordar as ideias e metodologias do seu criador - Shigeo Shingo. Por outro lado concretizar uma análise crítica focada apenas na perspetiva de Shingo torna-se redutor, estabelecendo-se fundamental aferir a perspetiva de outros autores, com contributos importantes, sobre o

tema. A pesquisa evidenciou a importância de garantir uma série de pré-requisitos, denominados de SMED-ZERO, antes de avançar para a implementação efetiva da metodologia. Para alcançar uma implementação SMED bem-sucedida é importante conhecer diferentes exemplos de aplicação da mesma metodologia, percebendo os contextos, conceitos empregues, estratégias utilizadas e os ganhos alcançados.

A implementação da metodologia pode ser potenciada através da integração de ferramentas como instrumentos de suporte à identificação de possíveis causas e problemas e, como em qualquer outra ação de melhoria, a abordagem SMED necessita de ser avaliada para que possam ser medidos os efeitos das mudanças implementadas. O indicador OEE permite obter uma visão objetiva da eficiência de uma fábrica ou equipamento, permitindo aprofundar análises através da sua divisão em disponibilidade, desempenho e qualidade. Calcular o valor do OEE previamente à aplicação da técnica SMED permite priorizar as áreas ou setores a trabalhar com maior brevidade. O recurso à metodologia SMED favorece a adaptação de qualquer organização industrial à mudança de cenário por parte dos seus clientes.

O capítulo seguinte será dedicado ao caso de estudo.

3. Caso de estudo

Este capítulo inicia-se com a descrição da metodologia adotada no caso de estudo, seguindo-se uma breve apresentação da empresa onde se desenvolveu o presente trabalho - Sermocol, Lda. É também estudada a situação inicialmente encontrada através da identificação do tipo de equipamentos onde é consumida a maior fatia de tempos não produtivos. Selecionados os equipamentos alvos de análise no decurso do caso de estudo é conduzida a observação e a medição a cada processo associado. Avaliado cada um dos processos, individualmente, analisam-se os dados com recurso às ferramentas VSM e Diagrama de Ishikawa por forma a suportar uma implementação estruturada da metodologia SMED.

3.1. Metodologia

A metodologia adotada no caso de estudo assentará, numa primeira fase, na identificação dos equipamentos a atuar, seguindo-se as fases de observação, recolha de dados, análise dos dados e ação de melhoria. A fim de garantir a concretização de cada uma das fases, serão integradas algumas ferramentas e técnicas, anteriormente descritas no capítulo anterior. Pretende-se que a metodologia adotada neste trabalho corresponda um modelo que permita a melhoria contínua de processos e neste sentido deve ser compreendida uma ótica de ciclo PDCA correspondendo a cada uma das fases descritas anteriormente as etapas *Plan-Do-Check-Action* do ciclo PDCA conforme ilustra a Figura 14.

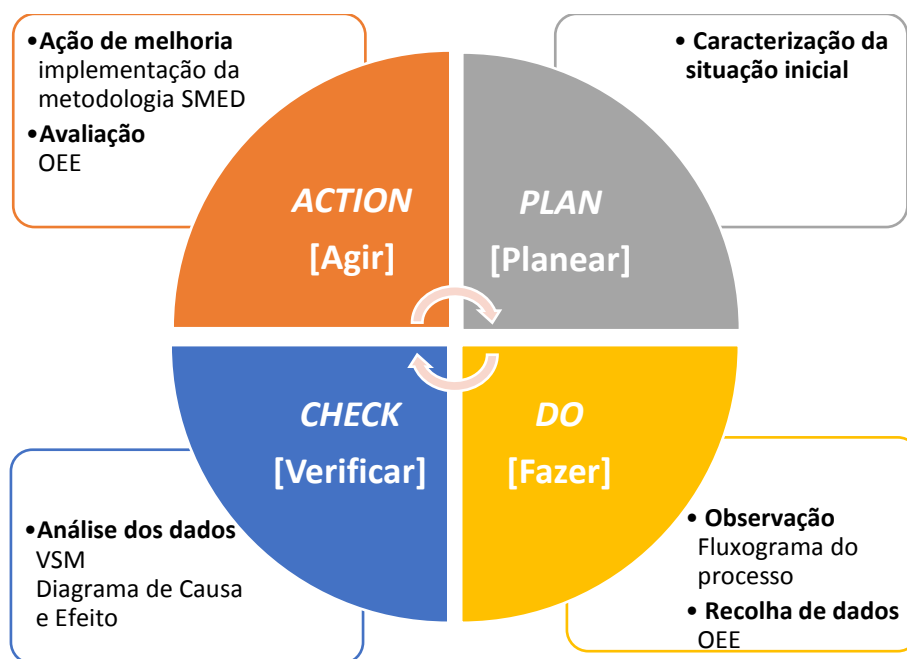


Figura 14 – A metodologia numa perspetiva de ciclo PDCA

No caso de estudo é na fase correspondente à etapa *Plan* do *PDCA* que deve ser caracterizada a situação inicial e identificada a zona de atuação, ou seja, o(s) equipamento(s) ou setor(es) a atuar. Por sua vez a fase *Do* será dividida em duas subfases: observação e recolha de dados. A observação do processo produtivo associado aos equipamentos em estudo será suportada pela ferramenta fluxograma do processo. Por seu lado a recolha de dados contemplará a avaliação da situação inicial que será concretizada com recurso à abordagem OEE.

Por sua vez, as ferramentas *Value Stream Mapping* (VSM) e Diagrama de Causa e Efeito auxiliarão a análise dos dados obtidos.

A ação de melhoria, ou etapa *Action* do ciclo *PDCA*, será levada a cabo através da implementação da metodologia *SMED* seguindo as diversas fases apresentadas no capítulo 2.3. Nesta fase serão aplicadas, na medida do possível, as técnicas *SMED* apresentadas por (Shingo, 2000). A avaliação dos impactos da implementação *SMED* será efetuada recorrendo ao indicador OEE.

3.2. Apresentação da empresa

A Sermocol, Lda é uma empresa que dedica a sua atividade à produção de ferramentas de precisão em aço e/ou metal duro, baseadas em desenho de cliente, destinadas às indústrias de estampagem, produção de máquinas, automóvel, moldes e farmacêutica. A empresa foi fundada em 1978 para assegurar serviços no sector dos moldes, cunhos e cortantes mas nos últimos anos tem sofrido profundas modificações. Apesar de fundada há mais de trinta anos, a Sermocol é uma empresa extremamente recente no que respeita à produção de ferramentas de precisão, pois foi a alteração de gerência ocorrida em 2011 que originou uma mudança radical de ramo de atividade, capital humano e infraestruturas. A cronologia da empresa é apresentada na Figura 15.

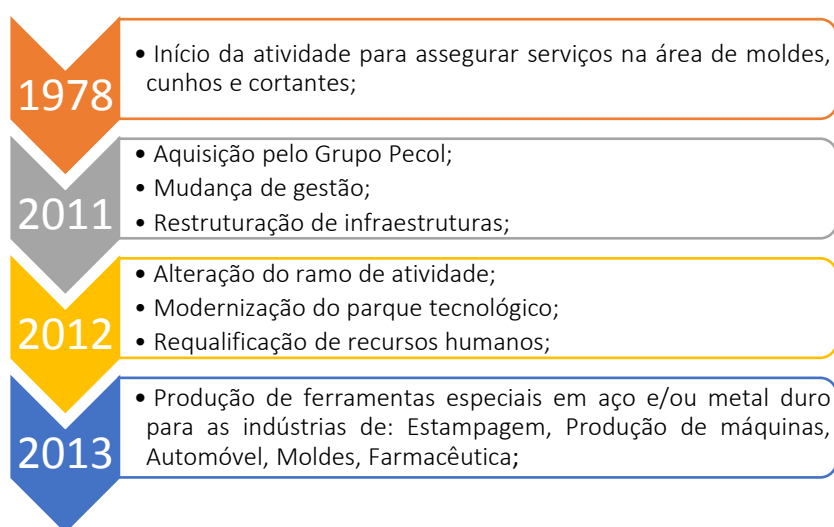


Figura 15- Cronologia da Sermocol, Lda

O conceito de fabricação de produtos segundo desenhos e especificações de cliente motiva uma produção caracterizada por elevada variedade e baixo volume de produtos (HVLV). A Figura 16 ilustra alguns exemplos de artigos produzidos na Sermocol.

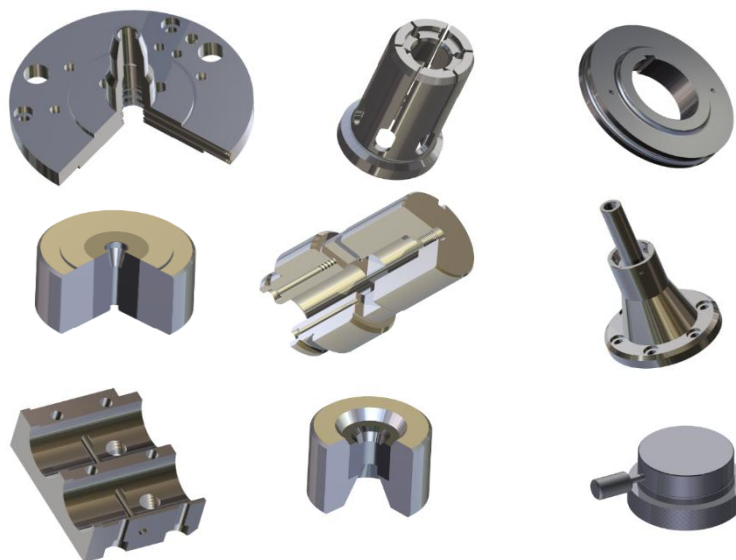


Figura 16- Exemplos de produtos fabricados na Sermocol

No que respeita ao capital humano a Sermocol conta com um total de 20 colaboradores repartidos pelos departamentos de produção, qualidade, e gabinete técnico.

3.3. Caracterização da situação inicial

O setor produtivo da empresa é caracterizado pela falta de procedimentos e instruções de trabalho, onde sobressai claramente a elevada dependência do *know-how* de cada operador e particularmente do responsável de produção.

O chão de fábrica da empresa apresenta um *layout* dividido por células de fabrico, correspondendo a cada uma, um determinado sector. O parque de máquinas da empresa é composto por quarenta e um equipamentos, distribuídos por oito setores. A listagem detalhada dos equipamentos pode ser consultada no Anexo B, o qual contém informação acerca de cada sector ou célula de fabrico, respetivos equipamentos associados e a sua tipologia.

No que concerne à tipologia dos equipamentos, conforme apresentado Anexo B estes são classificados em três tipos: *CNC* (controlo numérico computadorizado), *NC* (controlo numérico) e convencionais.

O *controlo numérico* é uma forma de automação programável no qual o equipamento de processamento é controlado por programas que permitem executar sequências de

operações complexas dentro da máquina, sem o auxílio do operador humano. O conceito CNC pode ser aplicado em variados âmbitos, nomeadamente em máquinas-ferramentas, assim como, serrotes, tornos, fresadoras, centros de maquinação, furadoras ou equipamentos de electroerosão. Mas, por outro lado, este conceito também pode ser aplicado em outro âmbito como aplicações em linhas de montagem, manipulação de materiais, jato de água, inspeção e medida.

Relvas (2000) define o CNC como todo o dispositivo capaz de dirigir os movimentos de posicionamento de um órgão mecânico, em que os comandos relativos a esse movimento são elaborados de forma totalmente automática a partir de informações numéricas ou alfanuméricas definidas manualmente ou através de um programa.

O parque de máquinas da empresa é maioritariamente e equitativamente constituído por equipamentos do tipo convencional e CNC, representando os equipamentos NC's apenas uma parcela de 5%.

Caracterização do parque de máquinas

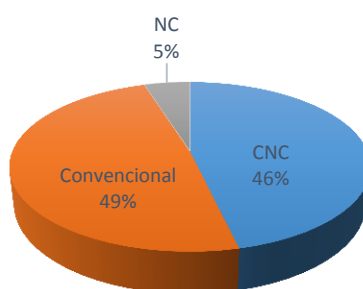


Gráfico 3- Caracterização tipológica do parque de máquinas da Sermocol

Com o objetivo de diagnosticar e avaliar a situação inicial, realizou-se um estudo do tempo preliminar com intuito de aferir acerca dos tempos não produtivos. O estudo foi conduzido in loco no chão de fábrica, dedicando um dia de observação a cada equipamento em estudo. Registaram-se detalhadamente todas as atividades desenvolvidas pelos operadores responsáveis por cada um dos equipamentos e, com recurso a cronometragens, registaram-se também os tempos despendidos em cada atividade. O estudo contemplou uma observação num total de 4425 minutos a dez equipamentos, sete do tipo CNC e três convencionais. Apenas não foram estudados os sectores de torneamento e fresagem convencional pois foram estudados sectores semelhantes como o torneamento e fresagem CNC pois pretendeu-se enfatizar os equipamentos CNC, uma vez que são vistos com maior potencial de redução de tempos de *setup*.

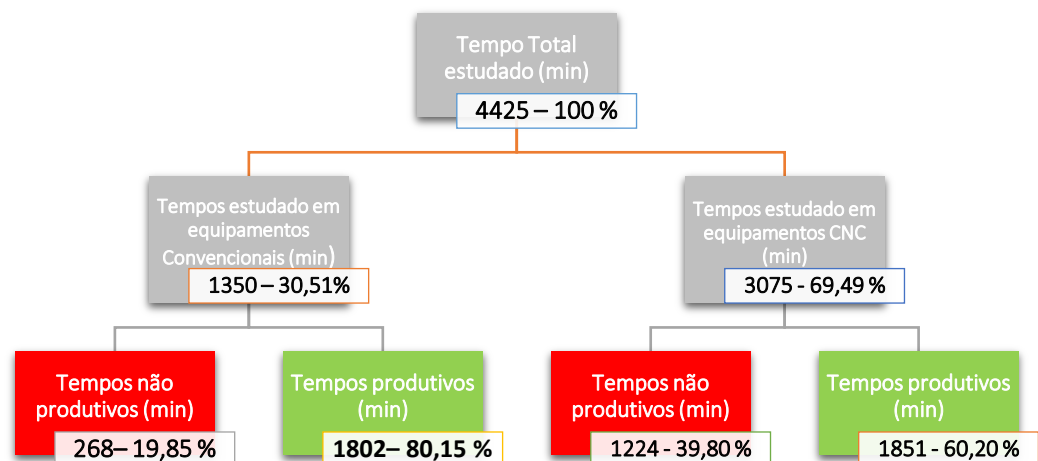


Figura 17 - Tempos produtivos vs não produtivos

Os resultados obtidos evidenciaram maior percentagem de tempos não produtivos em equipamentos CNC comparativamente aos convencionais, comprovando a existência de maior potencial em ganhos resultantes com aplicação da metodologia SMED nos equipamentos CNC.

Dados os resultados obtidos optou-se por concentrar o estudo nos equipamentos do tipo CNC. O sector seleccionado para a realização deste trabalho foi o sector - Electrical Discharge Machining (*EDM*), sector onde o estudo do tempo, prévio, permitiu constatar a sua contribuição com cerca de 10% de tempos não produtivos quando analisados os tempos não produtivos em equipamentos CNC. Tendo em consideração a limitação de tempo imposta para realização do projeto, dentro do sector de EDM seleccionaram-se dois equipamentos 759 (EDM - PENETRAÇÃO- ONA NX3) e 796 (EDM - FIO FANUC ALPHA 400I). As próximas etapas deste trabalho serão focadas nos dois equipamentos seleccionados do sector de *EDM*.

3.4. Observação

O acrónimo *EDM* deriva do termo inglês *Electrical Discharge Machining* que significa maquinação por descargas elétricas, tecnologia também conhecida por eletroerosão. O princípio de funcionamento bem como a história da tecnologia EDM podem ser consultados no Anexo C.

Existem três tipos principais de *EDM* que são distintos de acordo com o tipo de eléctrodo utilizado: eletroerosão por penetração, por fio e por furação. Neste trabalho, tendo em consideração os equipamentos em estudo, serão apenas abordadas as tecnologias de penetração e fio.

Na eletroerosão por penetração existe uma ferramenta designada de elétrodo que produz a erosão, ou seja, o desbaste da superfície maquinada. Nesta tecnologia tanto a peça como o elétrodo são imersos num líquido, não condutor de eletricidade (dielétrico) e ambos estão ligados a uma fonte de corrente contínua.

O processo de eletroerosão por fio é idêntico ao de penetração mas para execução de determinados trabalhos como, por exemplo, cavidades passantes, perfurações transversais ou corte de perfis complexos recomenda-se a tecnologia de fio. Nesta tecnologia existe um fio de latão ionizado, ou seja, eletricamente carregado que atravessa a peça submersa em água desionizada, em movimentos constantes, provocando descargas elétricas entre o fio e a peça, as quais responsáveis pelo corte da peça (Oliveira, 2015).

As figuras seguintes ilustram os dois equipamentos em estudo ao longo do projeto.



Figura 18- EDM Penetração ONA NX-3 (759)



Figura 19- EDM Fio Fanuc Alpha 400i (796)

No ambiente industrial, entende-se por processo o percurso realizado por um material desde que entra na empresa até ao momento em que sai com um determinado grau de transformação. Por sua vez, uma operação é o trabalho desenvolvido sobre o material, por homens ou máquinas, em um determinado período de tempo. Para uma melhor compreensão de todo o processo associado aos equipamentos elaborou-se um fluxograma do processo, genérico para cada um dos equipamentos em estudo. A figura seguinte esquematiza o fluxo do processo para as operações de eletroerosão de fio.

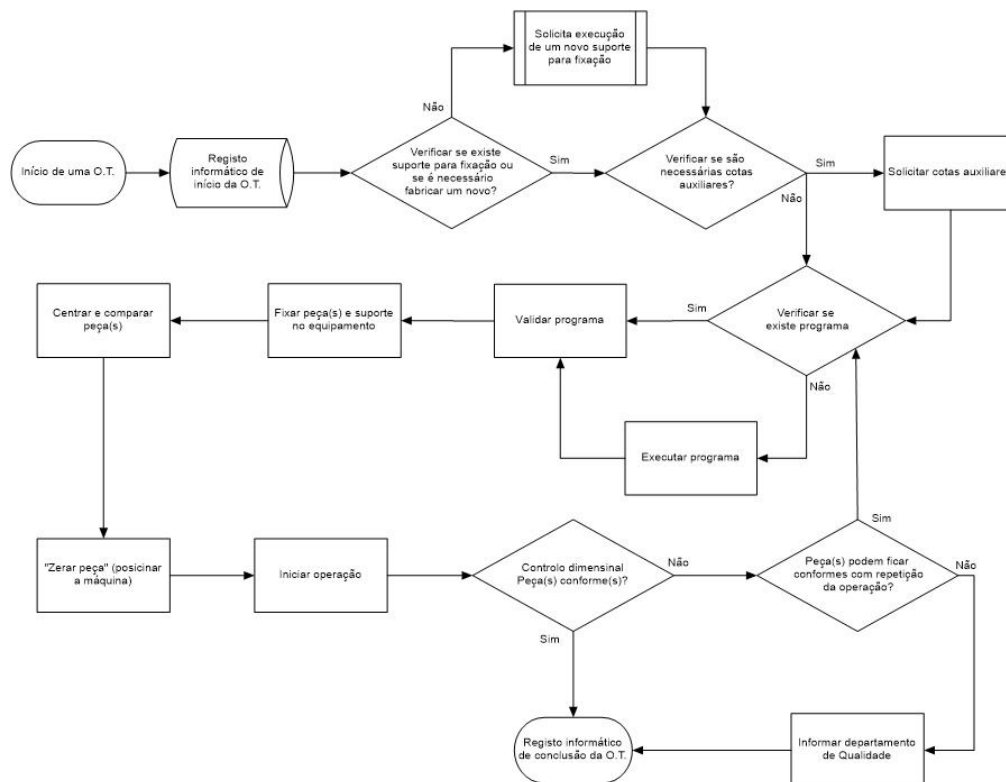


Figura 20 - Fluxograma do processo de EDM Fio

A figura seguinte esquematiza o fluxo do processo para as operações de eletroerosão por penetração.

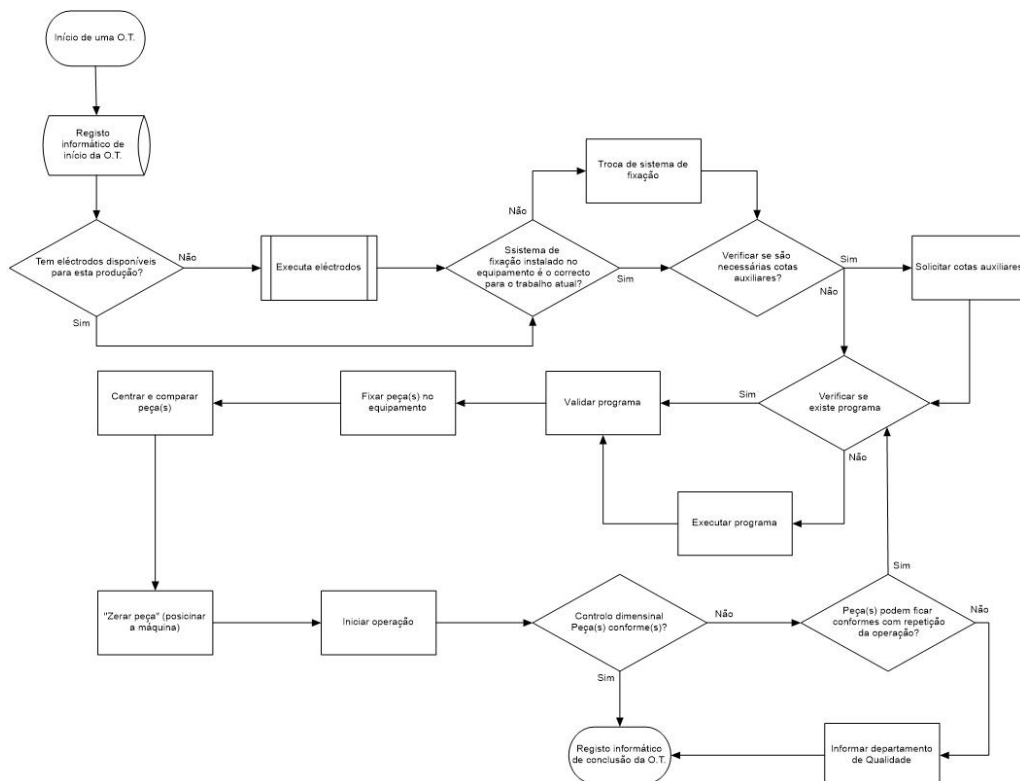


Figura 21 - Fluxograma do processo de EDM Penetração

3.5. Recolha de dados

Conforme mencionado por Huang *et al.* (2003) o OEE é um indicador com potencialidade para medir, individualmente, a produtividade dos equipamentos num determinado setor produtivo. A introdução da abordagem OEE, neste caso de estudo, visa sustentar e monitorizar a melhoria do processo pois pretende-se avaliar a situação inicial assim como suportar a tomada de decisão para priorização de ações corretivas. Assim para calcular o OEE nos equipamentos de eletroerosão necessitamos de recorrer aos conceitos mencionados no subcapítulo 2.7.1 e às respetivas equações 2,3,4 e 5 descritas no mesmo. Adicionalmente, são fundamentais conceitos como tempo de produção planeado, tempo de operação e número de peças boas ou número de peças conformes. Estas expressões são demonstradas através das equações 7,8 e 9.

$$\textit{Tempo de produção planeado} = \textit{Tempo estudado} - \textit{Paragens}$$

Equação 7 - Tempo de produção planeado

$$\textit{Tempo de operação} = \textit{Tempo de produção planeado} - \textit{Tempo de inactividade}$$

Equação 8 - Tempo de operação

$$\textit{Peças boas} = \textit{Total de peças produzidas} - \textit{Total de peças rejeitadas}$$

Equação 9 - Peças boas

As equações mencionadas acima, suportadas com dados práticos recolhidos no chão de fábrica, permitiram calcular os índices de disponibilidade, desempenho, qualidade e a respetiva percentagem de OEE para cada um dos equipamentos.

	Item	Tempos (min)	Unidades (un)	Observações	(%)
Dados Recolhidos	<i>Tempo estudado</i>	480		1 Turno = 8 horas	
	<i>Pequenas paragens</i>	30		2 x 15 min	
	<i>Paragem para almoço</i>	60		1 x 60 min	
	<i>Tempo de inatividade</i>	188			
	<i>Tempo de ciclo ideal</i>	0,01538		1 Peça / 65 min	
	<i>Total de peças produzidas</i>		3		
	<i>Total de peças rejeitadas</i>		0		
Dados Calculados	<i>Tempo de produção planeado</i>	390			
	<i>Tempo de operação</i>	202			
	<i>Peças boas</i>		3		
	Disponibilidade				51,79%
	Desempenho				96,53%
	Qualidade				100,00%
	OEE				50,00%

Tabela 6 - Cálculo inicial do OEE do equipamento 796

O OEE de 50% medido no equipamento de eletroerosão de fio (796) indica que estamos na presença de um valor entre um OEE situado entre baixo, característico em empresas onde não existe monitorização do seu desempenho de produção, e um OEE típico, característico em empresas cujo espaço para a melhorias é enorme. A tridimensionalidade do OEE permite facilmente constatar que a disponibilidade é extremamente baixa.

No que respeita ao equipamento de eletroerosão por penetração (759) o valor de OEE obtido foi de 78,43%. Trata-se de um valor situado entre um OEE típico e um valor de classe mundial, apesar disso o desempenho é a medida que mais se distancia comparativamente aos valores característicos de OEE de classe mundial.

	Item	Tempos (min)	Unidades (un)	Observações	(%)
Dados Recolhidos	<i>Tempo estudado</i>	1020		17 Horas	
	<i>Pequenas paragens</i>	0			
	<i>Paragem para almoço</i>	0			
	<i>Tempo de inatividade</i>	90			
	<i>Tempo de ciclo ideal</i>	0,00625		1 Peça / 160 min	
	<i>Total de peças produzidas</i>		5		
	<i>Total de peças rejeitadas</i>		0		
Dados Calculados	<i>Tempo de produção planeado</i>	1020			
	<i>Tempo de operação</i>	930			
	<i>Peças boas</i>		5		
	<i>Disponibilidade</i>				91,18%
	<i>Desempenho</i>				86,02%
	<i>Qualidade</i>				100,00%
	<i>OEE</i>				78,43%

Tabela 7 - Cálculo inicial do OEE do equipamento 759

3.6. Análise dos dados

Com o objetivo de Identificar atividades sem valor acrescentado, levadas a cabo nas operações de eletroerosão de fio e penetração será desenvolvido, neste capítulo, o mapeamento do fluxo de valor. A ferramenta VSM ajuda a preparação de uma rápida implementação de qualquer melhoria, esta técnica permite realçar fontes de desperdício e eliminá-las para, de seguida, criar um estado futuro para a cadeia de valor que se pode tornar realidade num curto espaço de tempo. O VSM permitirá visualizar o percurso de uma determinada família de produtos ao longo de toda a cadeia de valor. Assim rapidamente se poderá descobrir onde há espaço para melhorar.

❖ Selecionar uma família de produtos

A primeira etapa na realização do VSM é a seleção de numa determinada família de produtos. Entende-se por família de produtos o grupo de artigos que passam por processos e equipamentos semelhantes. Neste trabalho será focalizada a família de artigos de matrizes de extrusão aberta compostas por aço e metal duro. A família foi selecionada tendo em consideração o conceito de que os clientes não se preocupam da mesma forma com todos os seus produtos e nesta perspetiva deu-se destaque a uma das famílias de artigos com maior *lead time* e em simultâneo com maior procura por parte dos clientes. A fabricação de artigos pertencentes à família de artigos selecionada envolve as

duas operações em análise neste estudo, conforme esquematização do fluxo do processo para a mesma família exibido na figura seguinte.

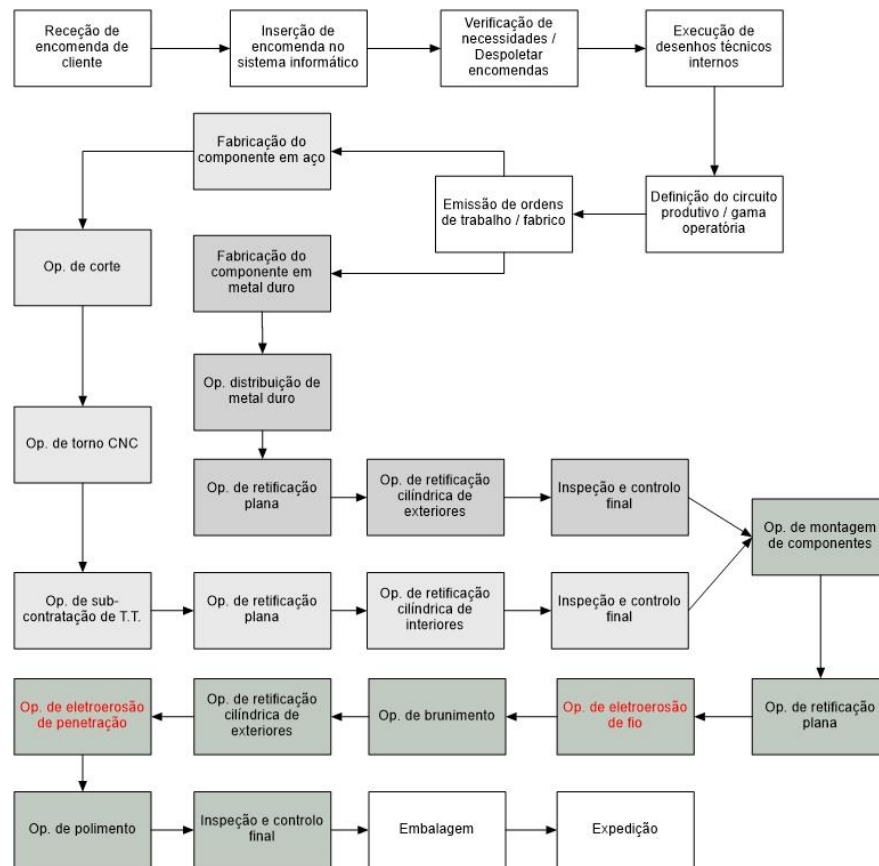


Figura 22 - Fluxo do processo para a família de artigos de matrizes de extrusão aberta em aço e metal duro

❖ Conceitos aplicados no estudo

Antes de avançar para a construção do VSM do estado atual importa estabelecer alguns conceitos utilizados no decorrer do caso de estudo.

- Tempo de ciclo (C/T) é determinado pelo tempo necessário para a execução do trabalho numa única peça. O valor do tempo de ciclo é igual ao tempo decorrido entre o início ou o término da produção de duas peças sucessivas do mesmo modelo em condições normais de trabalho e abastecimento (www.takttime.net, 2015).
- Lead time é definido pela quantidade de tempo que decorre entre o momento em que um processo se inicia até à sua conclusão.

- Tempo de agregação de valor (VA) é determinado pelo tempo dos elementos de trabalho que realmente transformam o produto de uma maneira que o cliente se disponha a pagar.
- Tempo de não agregação de valor (NVA) é definido como o tempo despendido em atividades que adicionam custo, mas não agregam valor ao produto do ponto de vista do cliente.
- Tempo de *setup* ou tempo de troca (C/O) é o tempo despendido para alterar a produção de um tipo de produto para outro.

Neste trabalho serão também considerados tempos de *setup* os seguintes tempos:

- ✓ Tempos que envolvem a fixação das peças a maquinar;
- ✓ Tempos empregues na execução de programas de maquinação CNC;
- ✓ Tempos de maquinação de eléctrodos, no caso da operação de eletroerosão de penetração;
- ✓ Tempos de maquinação de suportes de fixação, no caso da operação de eletroerosão de fio.
- ✓ Tempos ocupados com controlo dimensional.

O *Value Stream Mapping* do estado atual, apresentado na Figura 23 permite visualizar o percurso e fluxo de informação presentes na cadeia de valor para os produtos da família selecionada. A elaboração do *VSM* permitiu observar que o *lead time* para o fabrico deste produto é de 58,39 dias sendo 94,19 % (55 dias) o tempo sem valor acrescentado (NVA). Ao longo de toda a cadeia de valor analisada apenas 3,39 dias, ou seja 5,81 % do tempo, corresponde ao tempo de agregação de valor (VA). Relativamente ao tempo despendido em *setup* (C/O) durante as diversas operações imprescindíveis à fabricação deste produto constata-se um total de 554 minutos onde se sobressaem as operações de EDM fio e EDM penetração que consomem respetivamente 35,74% e 39,17% deste tempo total. Após obter estes dados importa ilustrar o *VSM* do estado atual de cada uma das operações de EDM individualmente de forma a examinar cada processo de *setup* de forma completa e detalhada.

Para suportar a construção de cada um dos *VSM* foram efetuadas cronometragens, gravadas algumas filmagens e recolhidas imagens às operações de *setup* para que posteriormente pudessem ser analisadas detalhadamente.

O mapeamento do fluxo de valor da operação de EDM fio confirmou a elevada dependência do responsável de produção durante esta operação, observando a Figura 24 são diversos os fluxos de informação que partem do responsável de produção para que cada operação possa ser iniciada. Outro fator que contribui fortemente para o elevado

lead time (10343 minutos) desta operação é tempo de espera que decorre desde que a ordem de trabalho ou de fabrico (O.T.) é rececionada proveniente da operação fornecedora até ao momento que se inicia a produção na operação de EDM fio. Este tempo é resultado da espera que a O.T. está sujeita para iniciar a produção devido à indisponibilidade do equipamento (796). O mapeamento da cadeia de valor da operação de EDM fio comprova que o tempo de VA se resume a apenas 2,02%, ou seja 209 minutos, sendo os restantes 97,98% tempo sem agregação de valor (NVA). Se ao *lead time* (10343) subtrairmos o valor do primeiro tempo de espera (10080) e o tempo real de execução da operação de fio (65) obtemos os 198 minutos de tempo de *setup* indicados na Figura 23.

Analogamente o mapeamento da operação de EDM penetração também certifica grande dependência do responsável de produção para iniciar determinadas operações, a Figura 25 assim o ilustra. Nesta operação o tempo de espera a que uma O.T. está sujeita para iniciar a produção por motivo de ocupação do equipamento (759) com outros trabalhos contribui significativamente para o elevado *lead time* (7627 minutos).

A elaboração do VSM para a operação de EDM penetração certifica que o tempo consumido com atividades com agregação de valor (VA) se resume a 5,09%, ou seja 388 minutos, representando os restantes 94,91% a parcela de tempo onde não existe agregação de valor (NVA). Se ao *lead time* (7627) subtrairmos o valor do primeiro tempo de espera (7200) e o tempo efetivo de execução da operação de fio (210) obtemos os 217 minutos de tempo de *setup* indicados na Figura 23.

Value Stream Mapping - Estado Atual
 Família de produtos: matrizes de extrusão aberta em aço/metal duro

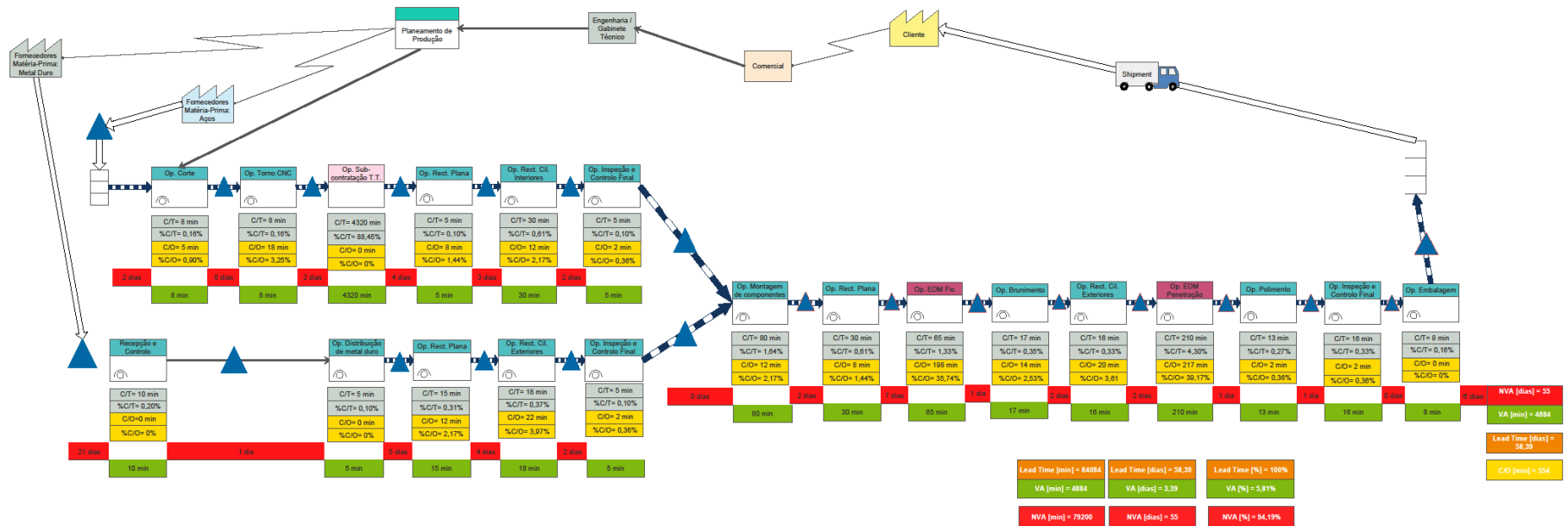


Figura 23- VSM do estado atual para a família de produtos de matrizes de extrusão aberta em aço e metal duro

Value Stream Mapping - Operação EDM Fio - Estado Atual
 Família de produtos: matrizes de extrusão aberta em aço/metal duro

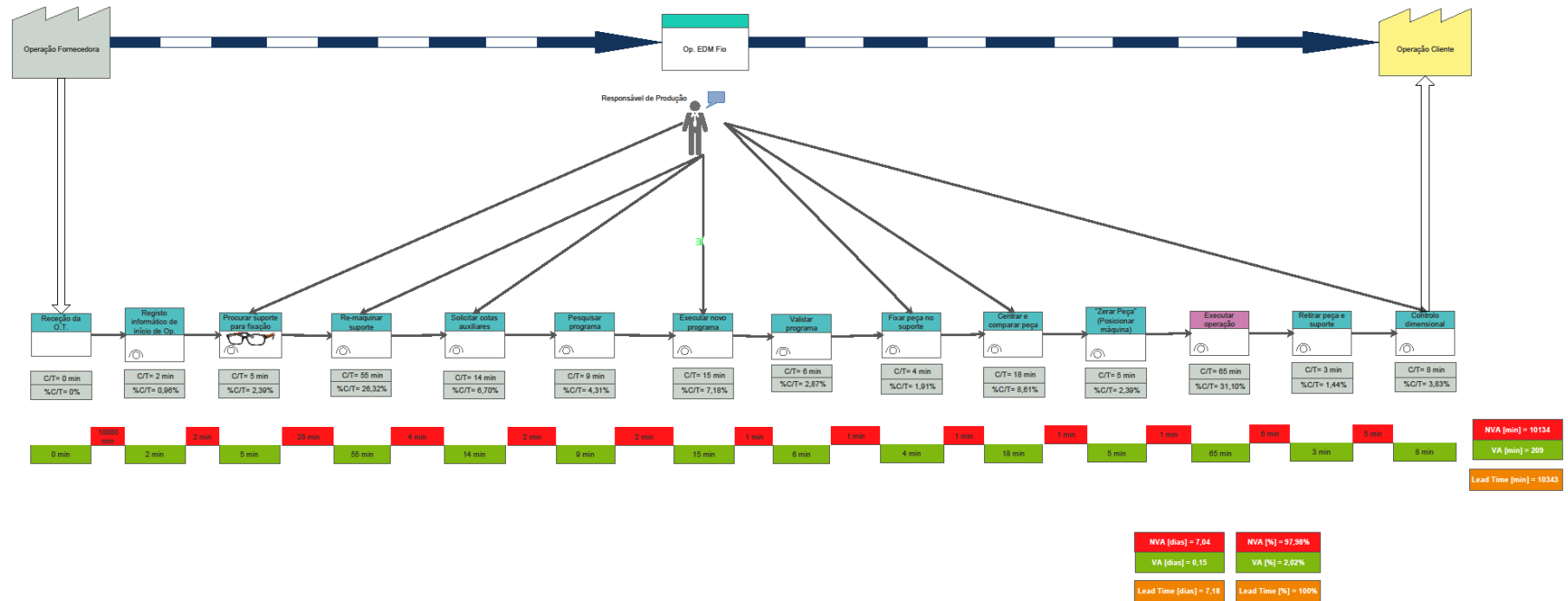


Figura 24- VSM do estado atual da operação EDM Fio para a família de produtos de matrizes de extrusão aberta em aço e metal duro

Value Stream Mapping - Operação EDM Penetração - Estado Atual
 Família de produtos: matrizes de extrusão aberta em aço/metal duro

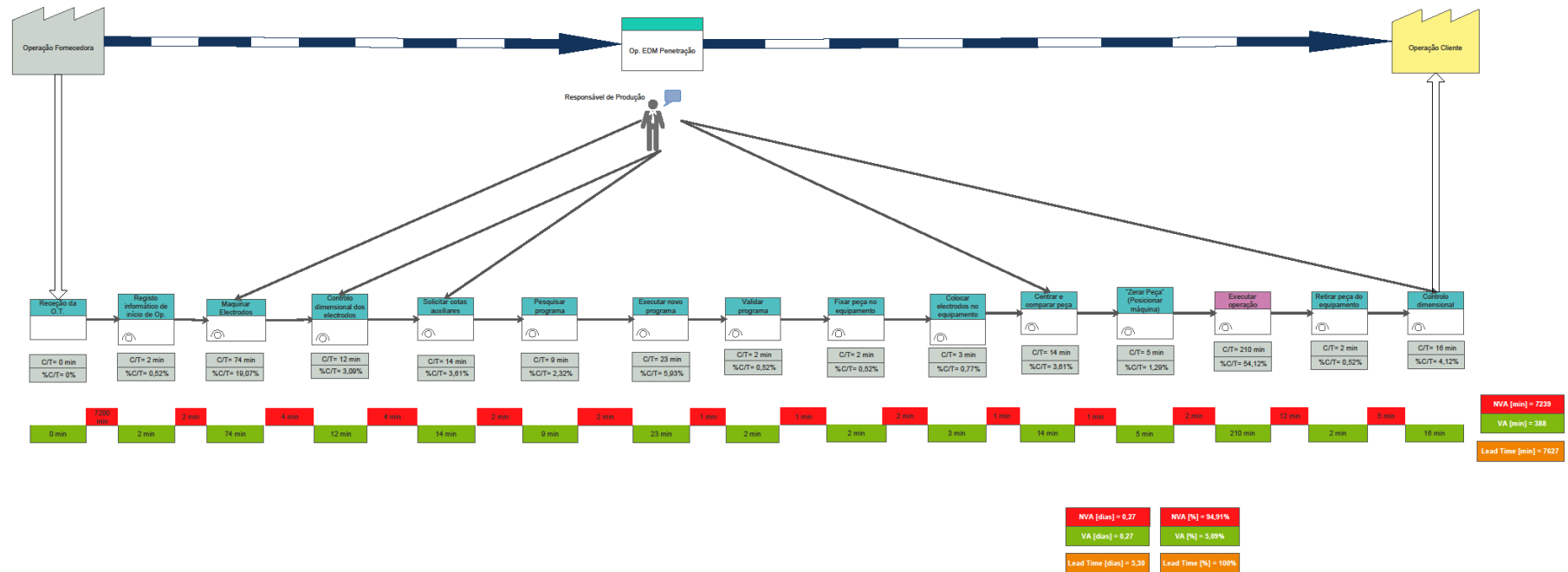


Figura 25- VSM do estado atual da operação EDM Penetração para a família de produtos de matrizes de extrusão aberta em aço e metal duro

O mapeamento da cadeia de valor revela um elevado tempo de *setup* de um modo geral e particularmente em cada uma das operações ou suboperações urge então identificar e organizar as possíveis causas que levam ao elevado tempo de *setup* em cada uma das operações em estudo. Deste modo estamos em condições de iniciar a análise de causa-efeito no formato de análise de dispersão para as operações de erosão de fio e penetração. Estabelecido o efeito que está na base da análise do problema (elevado tempo de *setup*) e o formato do diagrama recorreu-se a uma equipa multidisciplinar para iniciar a um processo de *brainstorming* não estruturado. Da sessão de *brainstorming* resultaram os seguintes diagramas de Ishikawa:

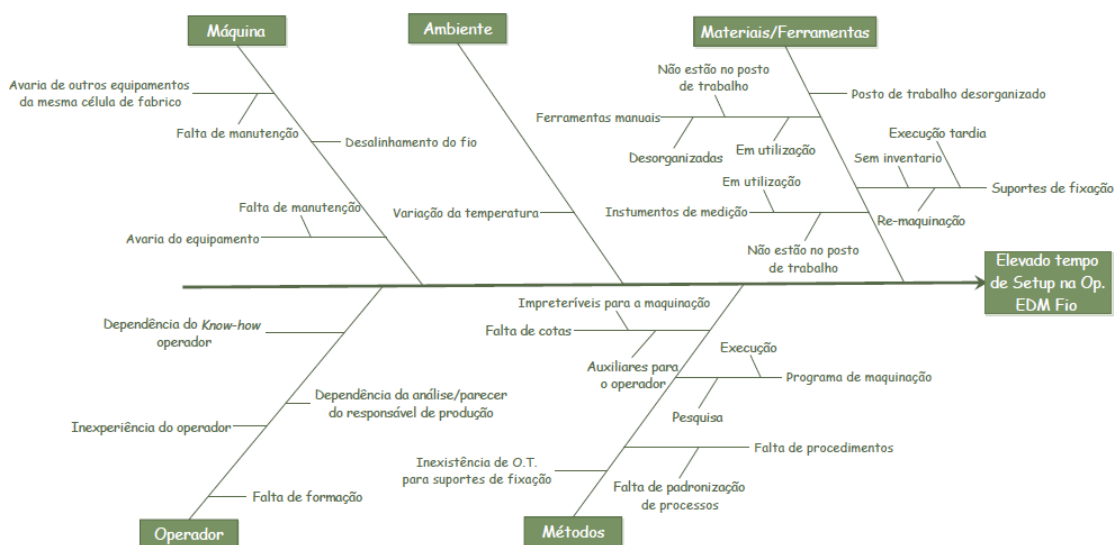


Figura 26- Análise de Causa e Efeito ao elevado tempo de setup na operação de EDM Fio

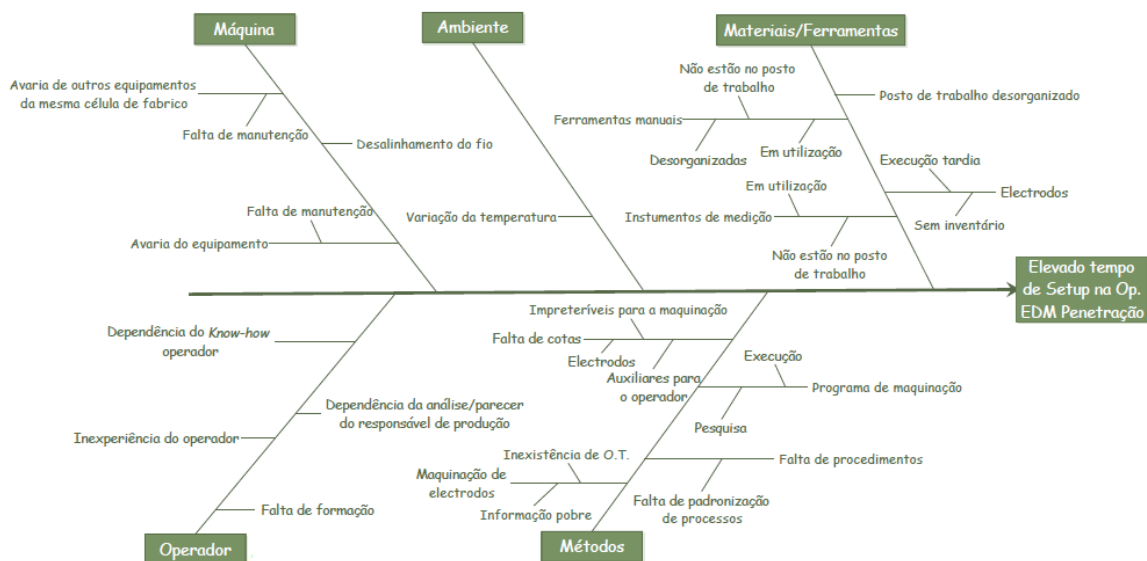


Figura 27- Análise de Causa e Efeito ao elevado tempo de setup na operação de EDM Penetração

Identificadas as causas que estão na base do elevado tempo despendido em *setup*, em ambos os equipamentos, torna-se fundamental implementar um conjunto de ações de melhoria previamente à fase de implementação da metodologia SMED, que decorrerá no capítulo seguinte. Deste modo estabeleceram-se algumas ações de melhoria comuns às duas operações e em simultâneo determinaram-se outras ações direcionadas para cada operação em particular:

Comuns às duas operações

- ✓ Implementação de um plano de manutenção para registo de todas atividades de manutenção. Este registo deve conter também o agendamento para manutenção preventiva a efetuar pelo fabricante do equipamento.
- ✓ Calendarização de uma formação anual lecionada pelo fabricante do equipamento;
- ✓ Alocação de equipamentos de metrologia à secção de EDM que garantam a medição dos intervalos de medidas mais utilizadas nesta secção. Assim evitam-se tempos de espera com utilização destes equipamentos por parte dos colegas de outros setores.
- ✓ Implementação dos 5S's nas bancadas de trabalho do setor. Organização das ferramentas manuais e aquisição de ferramentas em falta.



Figura 28 - Aplicação dos 5S's no setor de EDM

- ✓ Verificação prévia de cotas em falta em cada ordem de trabalho, ou seja, todas as O.T.'s que envolvem as operações de EDM fio e/ou penetração passam a ser verificadas, pelos operadores, no momento da sua emissão de modo antecipar qualquer necessidade de cotas em falta. Com este procedimento são eliminados tempos de paragens derivados à ausência de cotas fundamentais para execução do trabalho.

- ## Antes



Depois

Figura 29 - Alteração do layout das O.T.'s

Operação de EDM Fio

- ✓ Implementação de um *poka-yoke* para verificação e correção automática do alinhamento do fio. Deste modo é fundamental criar uma ficha de *poka-yoke* modelo que servirá para uniformizar todos os *poka-yokes* que, no futuro, possam ser implementados na Sermocol. É essencial criar e implementar, em simultâneo, um registo modelo para verificação de *poka-yokes* de modo a garantir que os mesmos são realizados com a regularidade exigida em cada caso. A ficha de *poka-yoke* implementada na operação de EDM fio pode ser consultada através do Anexo F. O Anexo G apresenta o registo de verificação do *poka-yoke* implementado. Esta ação de melhoria elimina a parcela de tempo de *setup* despendida com re-maquinação de suportes de fixação.
- ✓ Implementação do registo, no sistema de gestão de informação, de cada suporte de fixação fabricado. Sempre que existe nova necessidade de fabricação de um determinado suporte de fixação o processo deve ser despoletado pelo gabinete técnico e não pela produção. Contrariamente ao que ocorria até ao momento, sempre que surge necessidade de produção de um novo suporte é cumprida a seguinte sequência de etapas:
 - Codificação do novo suporte (sistema de gestão de informação);

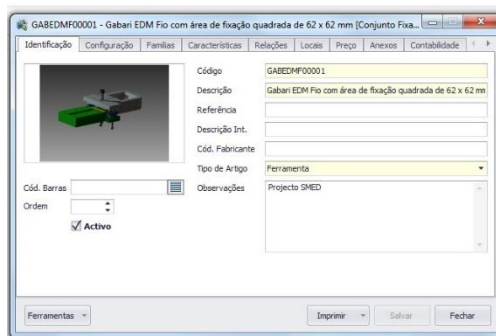


Figura 30 - Ficha de artigo do suporte de fixação - GABEDMF00001

- Execução do respetivo desenho técnico (ver exemplo do Anexo H);
- Anexar desenho técnico e imagem do suporte à ficha de artigo (sistema de gestão de informação);

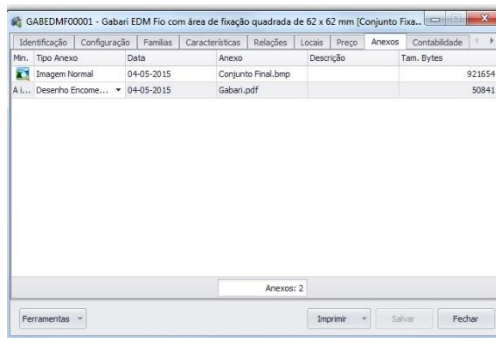


Figura 31 - Documentos anexos à ficha do artigo GABEDMF00001

- Emissão de uma O.T. para execução do novo suporte de fixação (consultar exemplo do Anexo I);
- Após a produção, o artigo (suporte de fixação) é colocado e gerido em stock.

Deste modo assegura-se que a necessidade de execução de suportes de fixação específicos é despoletada pelo gabinete técnico, no momento da emissão das O.T.'s, por forma a antecipar todo o processo de execução do mesmo. Assim garante-se que quando uma determinada operação é iniciada já existem os meios necessários para a produção. Garante-se assim uma informação atualizada e acessível a todos de uma forma transversal.

- ✓ Inventário aos suportes de fixação existentes de modo a assegurar uma informação atualizada e acessível a todos de uma forma transversal (Figura 32).

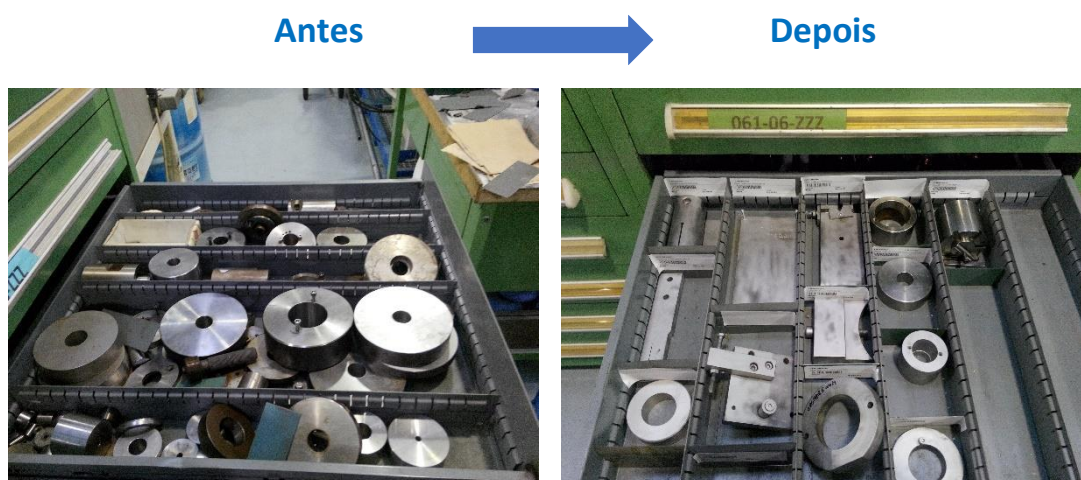


Figura 32 - Inventário realizado aos suportes de fixação existentes

Operação de EDM Penetração

- ✓ Implementar ordens de trabalho para a produção de elérodos. A necessidade de fabricação de elérodos deve se despoletada pelo gabinete técnico no momento da emissão das O.T.'s para o artigo final por forma a antecipar todo o processo de execução dos mesmos e garantir a sua existência no momento em que é iniciada a operação de EDM penetração. Neste sentido é introduzida uma O.T. específica para execução de elérodos que é incorporada na O.T. do produto final (consultar o Anexo J).
- ✓ Inventário aos elérodos existentes de modo a assegurar que informação está atualizada e acessível a todos de uma forma transversal (consultar a Figura 33).

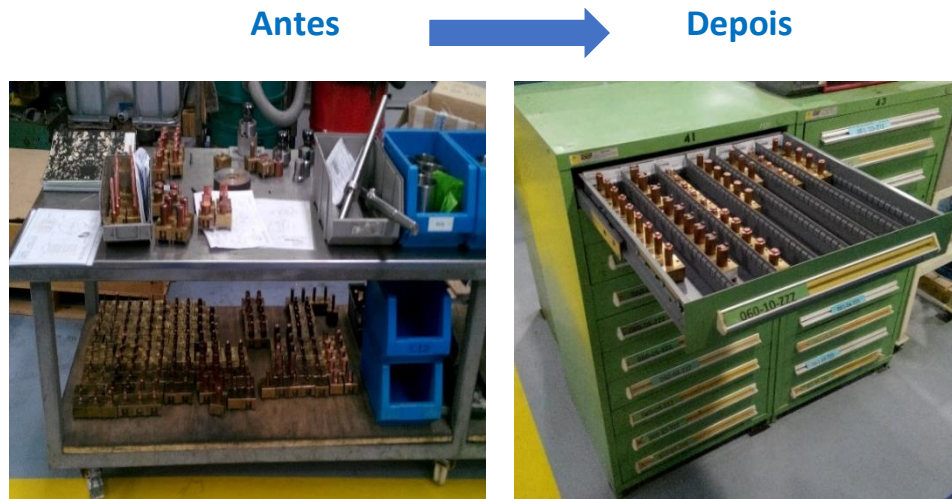


Figura 33 - Inventário realizado aos eletrodos existentes

Compreendida, de forma transversal, a realidade dos processos de *setup* associados a cada um dos equipamentos em estudo estão assim reunidas as condições para iniciar uma implementação, estruturada, da metodologia SMED.

3.7. Ação de melhoria: Implementação da Metodologia SMED

Conforme aludido por Moxham & Greatbanks (2001) para que uma implementação efetiva da metodologia SMED seja bem-sucedida deve estar assegurado um conjunto de pré-requisitos, ou seja, o SMED-ZERO.

✓ **Abordagem ao trabalho em equipa para a comunicação**

Na fase inicial do projeto foi transmitida aos colaboradores a importância do projeto para a empresa. O empenho da direção geral no projeto contribuiu significativamente para o assimilar, por parte dos colaboradores, das vantagens que o projeto poderia trazer para a empresa. Com o intuito de difundir, regularmente, a informação sobre o desenrolar do projeto, dedicou-se um local para a informação com melhorias obtidas ao longo de todo o projeto. Foram também realizadas diversas reuniões com os colaboradores do setores em estudo por um lado para uma melhor compreensão dos processos estudo e por outro para incentivar o surgimento de ideias e sugestões. Em algumas reuniões foram incluídos processos de *brainstorming*.

✓ **Controlo visual na fábrica**

Ao longo do projeto fomentou-se a aplicação do método 5S's nos postos de trabalho, até ao momento inexistente na empresa. Paralelamente à implementação da filosofia 5S's foram implementados sistemas de gestão visual quer nos postos de trabalho em estudo quer no sector de planeamento (ilustrado na Figura 34), de modo a eliminar a

dependência da comunicação verbal para despoletar processos. Por sua vez a implementação de procedimentos operacionais, que decorrerá após a implementação da metodologia SMED contribuirá fortemente para eliminar a dependência da comunicação verbal.



Figura 34 - Gestão visual no setor de planeamento

✓ **Medição de desempenho**

Ao longo do trabalho foi constante a disponibilização de informação relativamente à percentagem de redução dos tempos de *setup* em cada fase do projeto. Na empresa qualquer colaborador pode observar a variação do valor de OEE associada aos equipamentos em estudo. Será fundamental transmitir a toda a empresa o impacto monetário que a melhoria dos tempos de *setup* poderá ter num determinado período de tempo.

✓ **Kaizen com vista a simplificar tanto a avaliação como a medição**

A observação efetuada ao chão de fábrica, numa fase anterior do estudo, permitiu constatar que na Sermocol existia já, por parte dos operadores, uma cultura de resolução de problemas no dia-a-dia facilitando assim o começo da implementação SMED.

Assegurado o SMED-ZERO estão então reunidas as condições para uma aplicação eficaz da metodologia SMED, assente nas quatro fases sugeridas por Shigeo Shingo (2000).

❖ **Fase Inicial**

Esta fase corresponde à situação inicialmente encontrada, ou seja, onde não existe qualquer distinção entre *setup* interno e externo. É de assinalar o fato de, em ambas as operações, algumas atividades eram já realizadas com o equipamento em funcionamento contudo denota-se uma assinalável falta de critério, pois existem determinadas atividades que umas vezes são efetuadas quando o equipamento está em funcionamento e outras vezes são realizadas quando o equipamento se encontra parado. O VSM representado,

separadamente para cada operação, na etapa anterior, facilitou a identificação das atividades conforme ilustram as tabelas seguintes.

Operação de EDM Fio

Nº	Atividade	Tempo (min)	Tempo acumulado	Setup Interno e Externo (sem distinção)	Observações
1	Registo informático de início de operação	2		✓	
2	Procurar suporte de fixação	5	7	✓	
3	Re-maquinar suporte	55	62	✓	
4	Solicitar cotas auxiliares	14	76	✓	
5	Pesquisar programa	9	85	✓	
6	Executar novo programa	15	100	✓	
7	Validar programa	6	106	✓	
8	Fixar peça no suporte	4	110	✓	
9	Centrar e comparar peça	18	128	✓	
10	"Zerar Peça" (Posicionar máquina)	5	133	✓	
<i>Executar operação</i>		65	-		<i>Não é considerada setup</i>
11	Retirar peça e suporte	3	136	✓	
12	Controlo dimensional	8	144	✓	
Total		209	144		

Tabela 8 – Atividades de setup presentes operação de EDM Fio

Operação de EDM Penetração

Nº	Atividade	Tempo (min)	Tempo acumulado	Setup Interno e Externo (sem distinção)	Observações
1	Registo informático de início de operação	2		✓	
2	Maquinar elétrodo	74	76	✓	
3	Controlo dimensional dos elétrodo	12	88	✓	
4	Solicitar cotas auxiliares	14	102	✓	
5	Pesquisar programa	9	111	✓	
6	Executar novo programa	23	134	✓	
7	Validar programa	2	136	✓	
8	Fixar peça no equipamento	2	138	✓	
9	Colocar elétrodo no equipamento	3	141	✓	
10	Centrar e comparar peça	14	155	✓	
11	"Zerar Peça" (Posicionar máquina)	5	160	✓	
<i>Executar operação</i>		210	-		<i>Não é considerada setup</i>
12	Retirar peça do equipamento	2	162	✓	
13	Controlo dimensional	16	178	✓	
Total		388	178		

Tabela 9 - Atividades de setup presentes operação de EDM Penetração

❖ Fase 1

A fase 1 visa a separação entre *setup* interno e externo. Com o intuito de poder identificar atividades ou outros aspetos do *setup* não identificados anteriormente, nesta fase, foram realizadas pequenas entrevistas aos operadores responsáveis pelos dois equipamentos. Da separação de atividades internas e externas resultam a Tabela 10 e a Tabela 11.

Operação de EDM Fio

Nº	Atividade	Tempo (min)	Tempo acumulado	Setup Interno	Setup Externo	Observações
1	Registo informático de início de operação	2			√	
2	Procurar suporte de fixação	5	7		√	
3	Re-maquinar suporte	55	62	√		
4	Solicitar cotas auxiliares	14	76		√	
5	Pesquisar programa	9	85		√	
6	Executar novo programa	15	100		√	
7	Validar programa	6	106	√		
8	Fixar peça no suporte	4	110	√		
9	Centrar e comparar peça	18	128	√		
10	"Zerar Peça" (Posicionar máquina)	5	133	√		
	<i>Executar operação</i>	<i>65</i>	<i>-</i>			
11	Retirar peça e suporte	3	136	√		
12	Controlo dimensional	8	144		√	
	Total	209	144 (100%)	91 (63%)	53 (37%)	

Tabela 10 – Separação de setup interno e externo na operação de EDM Fio – Fase I

Na operação de EDM Fio, a separação de atividades internas e externas, confirmou que do tempo total consumido em *setup* cerca de 63% do tempo é despendido em atividades internas, representando as atividades externas apenas 37%.

Operação de EDM Penetração

Nº	Atividade	Tempo (min)	Tempo acumulado	Setup Interno	Setup Externo	Observações
1	Registo informático de início de operação	2			√	
2	Maquinar elétrodos	74	76		√	
3	Controlo dimensional dos elétrodos	12	88		√	
4	Solicitar cotas auxiliares	14	102		√	
5	Pesquisar programa	9	111		√	
6	Executar novo programa	23	134	√		
7	Validar programa	2	136	√		
8	Fixar peça no equipamento	2	138	√		
9	Colocar elétrodos no equipamento	3	141	√		
10	Centrar e comparar peça	14	155	√		
11	"Zerar Peça" (Posicionar máquina)	5	160	√		
	<i>Executar operação</i>	<i>210</i>	<i>-</i>			
12	Retirar peça do equipamento	2	162	√		
13	Controlo dimensional	16	180		√	
	Total	388	178 (100%)	51 (29%)	127 (71%)	

Tabela 11 - Separação de setup interno e externo na operação de EDM Penetração – Fase I

Por seu lado a separação em atividades internas e externas, na operação de EDM Penetração, permitiu constatar que a maior parcela de tempo consumido em *setup* é já respeitante a atividades externas, isto é cerca de 71%. A percentagem de tempo despendido em atividades internas é apenas 29%.

❖ Fase 2

Na fase 2 o objetivo é converter, dentro do possível, o *setup* interno em externo, ou seja, passar a executar atividades com o equipamento em funcionamento que até ao momento eram executadas quando o mesmo se encontrava parado. Nesta fase foi revista a classificação das operações de modo a garantir que não existem operações externas classificadas como internas.

Operação de EDM Fio

Tendo por base a análise efetuada na fase 1, na operação de EDM fio, identificou-se a necessidade de implementar um novo sistema para fixação para matrizes que permita realizar determinadas atividades de preparação como a montagem centragem enquanto o equipamento está em funcionamento. A implementação de um novo método de fixação visa converter atividades de *setup* interno em externo, nomeadamente as atividades de fixação das peças nos suportes, de centrar e de comparar peças. Apesar de pesquisadas inúmeras soluções existentes no mercado nenhuma delas foi considerada viável para as necessidades da Sermocol. Contudo selecionou-se a solução existente no mercado mais próxima do pretendido (TSGKOREA, 2015) e recorrendo a exercícios *brainstorming* estruturado, envolvendo colaboradores da secção em conjunto com responsável de produção, adaptou-se esta solução às necessidades da empresa através de inúmeras modificações que permitem a compatibilizar o sistema de fixação com o tipo de trabalho executado na empresa. Para cumprir a etapa de validação, o novo sistema para fixação de matrizes desenvolvido foi desenhado e simulado recorrendo ao *software INVENTOR*. A Figura 35 ilustra o novo sistema de fixação proposto, que é formado por três componentes, um fixo e dois móveis, posicionados com cavilhas para facilitar o encaixe. O componente fixo, ilustrado a verde na figura, é fixado permanentemente à mesa do equipamento (796). Por sua vez, o componente móvel, ilustrado a vermelho na figura, é amovível permitindo ao operador realizar todo o trabalho de fixação e preparação da matriz no exterior do equipamento enquanto o equipamento se encontra em funcionamento. Cada conjunto do sistema de fixação inclui dois componentes móveis iguais precisamente para permitir que um esteja no equipamento, em funcionamento, e outro no exterior em preparação para entrar de seguida, minimizando assim o tempo despendido com a fixação.

A simulação da fixação das matrizes no suporte pode ser consultada no Anexo H.

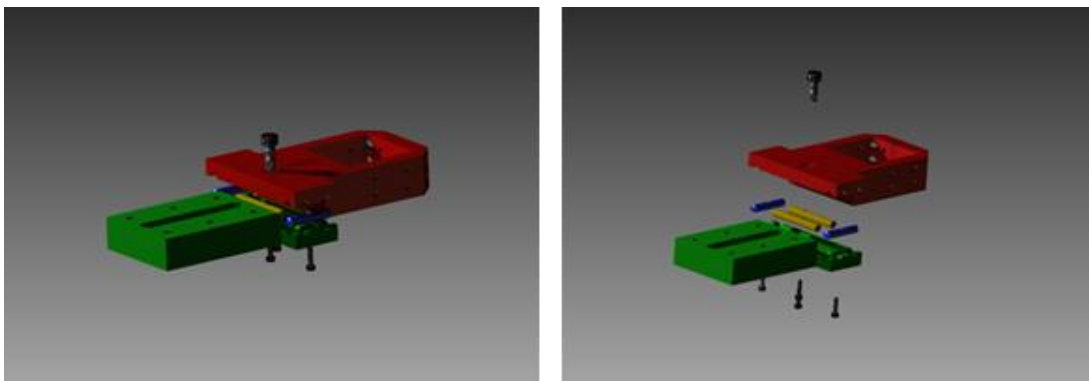


Figura 35 - Sistema de fixação proposto

As figuras seguintes (Figura 36 e Figura 37) fazem analogia entre o procedimento de *setup* antes e depois da implementação SMED, ilustrando o trabalho que até ao momento era realizado com o equipamento parado e agora é realizado quando o mesmo está em funcionamento.

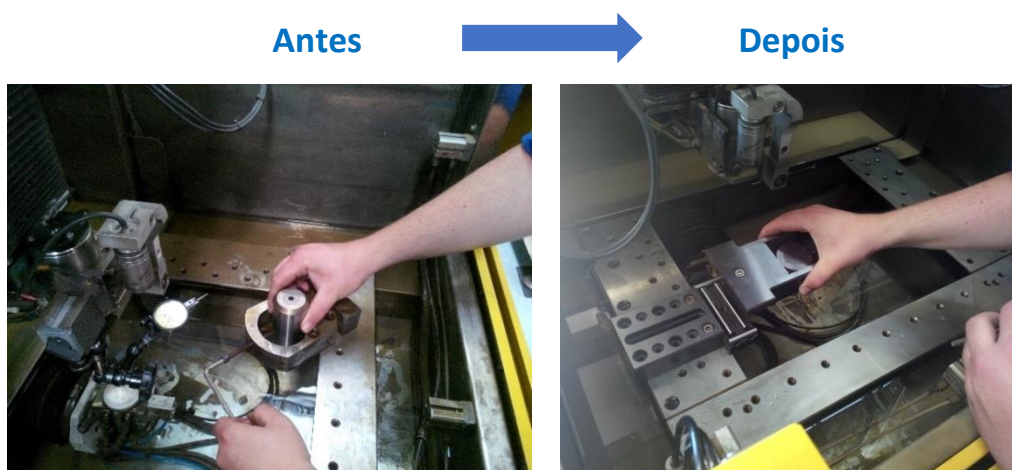


Figura 36 - Procedimento de setup antes e depois da implementação SMED – Fixação da peça

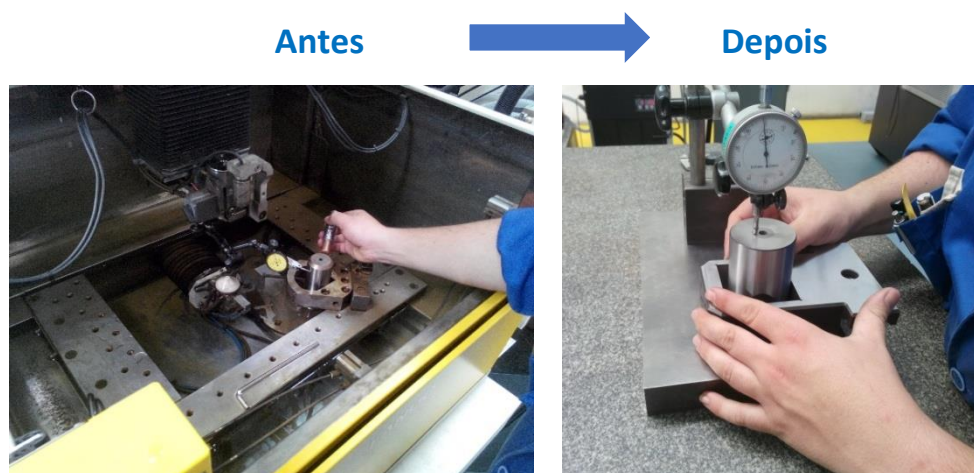


Figura 37 - Procedimento de setup antes e depois da implementação SMED – Comparar peça

O trabalho realizado na fase 2 permitiu converter as atividades 8, 9 e 10, até ao momento de *setup* interno em *setup* externo. Dadas as alterações implementadas nesta fase foram ainda eliminadas as atividades 2 e 3. Deste modo estabeleceu-se uma nova sequência de atividades (Tabela 12).

Nº	Atividade	Tempo (min)	Tempo acumulado	Setup Interno	Setup Externo	Observações
1	Registo informático de início de operação	2			√	
2	Solicitar cotas auxiliares	14	16		√	
3	Pesquisar programa	9	25		√	
4	Executar novo programa	15	40		√	
5	Validar programa	6	46	√		
6	Fixar peça no suporte	4	50		√	
7	Centrar e comparar peça	18	68		√	
8	"Zerar Peça" (Posicionar máquina)	5	73		√	
9	Fixar suporte amovível ao fixo	4	77	√		
	<i>Executar operação</i>	65	-			
10	Retirar peça e suporte	3	80	√		
11	Controlo dimensional	8	88		√	
	Total	151	88	13	75	
			(100%)	(15%)	(85%)	

Tabela 12 - Conversão de setup interno em externo na operação de EDM Fio – Fase 2

As alterações implementadas nesta fase permitiram uma redução do tempo total de *setup* de cerca de 39%. Esta redução deve-se à redução significativa do *setup* interno que comparativamente à fase anterior foi reduzido em cerca de 86%. Neste momento apenas 15% do tempo de *setup* é realizado com o equipamento parado.

Operação de EDM Penetração

No que respeita à implementação da fase 2 na operação de EDM penetração a aplicação é mais limitada, pois para converter *setup* interno em *externo*, nesta operação, seria necessário introduzir sistemas de *presetting*, paletização e robotização que permitam realizar a maioria das atividades de *setup* interno quando o equipamento se encontra em funcionamento. Contudo apesar dos inúmeros proveitos que se podem obter com a introdução deste tipo de sistemas, trata-se de um investimento extremamente elevado que neste momento é incomportável para a empresa. De qualquer forma fica desde já a sugestão para eventuais trabalhos futuros nesta área.

❖ Fase 3

A fase 3 caracteriza-se pela racionalização de todos os aspetos do *setup*, ou seja, pretende-se agilizar tanto as atividades internas como as externas e em simultâneo, na medida do possível, eliminar o máximo de operações.

Esta fase foi fortemente potencializada pelas ações de melhoria estabelecidas após a análise dos dados no capítulo 3.6.

Operação de EDM Fio

Tendo como ponto de partida a fase anterior, foram eliminadas as atividades 2 e 3 e otimizou-se o tempo de execução nas atividades 4, 5, 7 e 9.

No que respeita à atividade 2, a partir deste momento e de acordo com o verificado no capítulo 3.6, a necessidade de obter cotas auxiliares passa a ser verificada, pelos operadores, no momento de emissão das O.T., ou seja, antes de se iniciar a produção dos artigos de modo a antecipar as necessidades de cotas em falta evitando assim interferir com os trabalhos de *setup*.

A pesquisa de programas (atividade 3) deixa também de fazer parte das tarefas de *setup* visto que a melhoria do *layout* das O.T.'s através da introdução da informação direta se o artigo foi produzido anteriormente ou não, imposta capítulo 3.6, permite evitar tempo despendido com pesquisa de programas de artigos que nunca tenham sido produzidos anteriormente e por isso o respetivo programa não existe.

Em termos de fixação, o recurso a aparafusadoras que permitem uma fixação rápida possibilitou uma redução de 50% do tempo despendido nas atividades 6 e 9.

Por sua vez as medidas estabelecidas no capítulo anterior como a organização das bancadas de trabalho, a implementação dos 5S's e a alocação de equipamentos de metrologia aos postos de trabalhos permitiu uma redução de 4 minutos nas atividades de centrar e comparar a peça e de controlo dimensional.

Atividade	Antes do SMED (min)	Após o SMED (min)	Ganhos (min)
Solicitar cotas auxiliares	14	0	14
Pesquisar programa	9	0	9
Fixar peça no suporte	4	2	2
Centrar e comparar peça	18	14	4
Fixar suporte amovível ao fixo	4	2	2
Controlo dimensional	8	4	4
	57	22	35

Figura 38 - Ganhos de tempo associados à fase 3 na operação de EDM Fio

Concretizadas as três fases da implementação SMED, implementou-se um procedimento operacional de *setup* (ver Anexo D) para a família de artigos de matrizes de extrusão aberta em aço/metal duro cuja sequência de atividades foi definida de acordo com a Tabela 13.

Nº	Atividade	Tempo (min)	Tempo acumulado	Setup Interno	Setup Externo	Observações
1	Registo informático de início de operação	2			√	
2	Executar novo programa	15	17		√	
3	Validar programa	6	23	√		
4	Fixar peça no suporte	2	25		√	
5	Centrar e comparar peça	14	39		√	
6	"Zerar Peça" (Posicionar máquina)	5	44		√	
7	Fixar suporte amovível ao fixo	2	46	√		
	<i>Executar operação</i>	<i>65</i>	<i>-</i>			
8	Retirar peça e suporte	3	49	√		
9	Controlo dimensional	4	53		√	
	Total	118	53	11	42	
			(100%)	(21%)	(79%)	

Tabela 13 - Otimização do setup na operação de EDM Fio – Fase 3

As alterações implementadas na fase 3 permitiram uma redução do tempo total de *setup* de cerca de 40%, fixando o tempo total de *setup* para a família de artigos em estudo em 53 minutos. Esta redução deve-se por um lado à redução *setup* externo que comparativamente à fase anterior foi reduzido em cerca de 44% e por outro lado à redução do *setup* interno que comparativamente à fase anterior foi reduzido em cerca de 15%.

Após implementação das três fases da metodologia SMED, a execução de operações de *setup* realizáveis obrigatoriamente com equipamento parado consome apenas 11 minutos.

Operação de EDM Penetração

Tendo como ponto de partida a fase anterior, eliminaram-se as atividades de 2 a 5 e otimizando-se o tempo de execução da atividade 13.

Nesta fase, as atividades relacionadas com a maquinação e controlo dimensional de elétrodos (atividades 2 e 3) foram excluídas do processo de *setup* da operação de EDM penetração. De acordo com a análise dos dados, levada a cabo no capítulo 3.6, as necessidades de fabricação de elétrodos devem ser despoletadas no momento da emissão das O.T.'s para o artigo final, por forma a antecipar todo o processo de execução dos mesmos, garantindo a sua existência no momento em que é iniciada a operação de EDM penetração e neste sentido estabeleceu-se como regra que todo o processo de fabricação de elétrodos deve ser realizado por outro operador e anteriormente ao processo de *setup* da operação de EDM penetração.

As atividades relacionadas com a solicitação de cotas auxiliares (4) e pesquisa de programas (5) presentes no *setup* da operação de EDM penetração são em tudo semelhantes às da operação de EDM fio aplicando-se portanto as mesmas medidas, obtendo-se resultados semelhantes.

As melhorias implementadas, no capítulo anterior, ao nível da organização de bancadas de trabalho, implementação de 5S's e alocação de equipamentos de metrologia aos postos de trabalhos contribuíram com uma redução de 2 e 4 minutos, respetivamente, nas atividades de centrar e comparar e de controlo dimensional.

Atividade	Antes do SMED (min)	Após o SMED (min)	Ganhos (min)
Maquinar Eléktrodo	74	0	74
Controlo dimensional dos eléctrodo	12	0	12
Solicitar cotas auxiliares	14	0	14
Pesquisar programa	9	0	9
Centrar e comparar peça	14	12	2
Controlo dimensional	16	12	4
	139	24	115

Tabela 14 - Ganhos de tempo associados à fase 3 na operação de EDM Penetração

Finalizadas as fases da implementação SMED implementou-se um procedimento operacional de *setup* (ver Anexo E) para a família de artigos de matrizes de extrusão aberta em aço/metal duro cuja sequência de atividades foi definida de acordo com a Tabela 15.

Nº	Atividade	Tempo (min)	Tempo acumulado	Setup Interno	Setup Externo	Observações
1	Registo informático de início de operação	2			√	
2	Executar novo programa	23	25	√		
3	Validar programa	2	27	√		
4	Fixar peça no equipamento	2	29	√		
5	Colocar eléctrodo no equipamento	3	32	√		
6	Centrar e comparar peça	12	44	√		
7	"Zerar Peça" (Posicionar máquina)	5	49	√		
	<i>Executar operação</i>	<i>210</i>	<i>-</i>			
8	Retirar peça do equipamento	2	51	√		
9	Controlo dimensional	12	63		√	
	Total	273	63	49	14	
			(100%)	(78%)	(29%)	

Tabela 15 - Otimização do setup na operação de EDM Penetração – Fase 3

As alterações implementadas na fase 3 contribuíram com uma redução de tempo total de *setup* de cerca de 65%, fixando o tempo total de *setup* para a família de artigos em estudo em 63 minutos. Esta redução deve-se essencialmente à redução *setup* externo que foi reduzido em cerca de 89%, sendo a percentagem de redução do *setup* interno de apenas 2%.

Concluída a implementação das três fases da metodologia SMED, a execução de operações de *setup* realizáveis obrigatoriamente com equipamento parado consome um total de 49 minutos.

○ **Avaliação**

Concluída a implementação da metodologia SMED, importa agora avaliar os efeitos das ações de melhoria recém-implementadas. Neste sentido são apresentados em seguida os valores de OEE recalculados para cada operação após a implementação SMED.

Operação de EDM Fio

	Item	Tempos (min)	Unidades (un)	Observações	(%)
Dados Recolhidos	<i>Tempo estudado</i>	480		1 Turno = 8 horas	
	<i>Pequenas paragens</i>	30		2 x 15 min	
	<i>Paragem para almoço</i>	60		1 x 60 min	
	<i>Tempo de inatividade</i>	56			
	<i>Tempo de ciclo ideal</i>	0,01538		1 Peça / 65 min	
	<i>Total de peças produzidas</i>		4		
	<i>Total de peças rejeitadas</i>		0		
Dados Calculados	<i>Tempo de produção planeado</i>	390			
	<i>Tempo de operação</i>	334			
	<i>Peças boas</i>		4		
	Disponibilidade				85,64%
	Desempenho				77,84%
	Qualidade				100,00%
	OEE				66,67%

Tabela 16- Cálculo do OEE do equipamento 796 após melhorias implementadas

Na operação de EDM fio obteve-se um OEE de 66,67%, o que representa uma melhoria de 16,67%, comparativamente aos resultados obtidos previamente às melhorias implementadas. Este aumento do valor de OEE deve-se à melhoria significativa do fator disponibilidade que subiu de 51,79% para 85,64%. O crescimento da disponibilidade é explicado pelo aumento do tempo de operação que resulta, por sua vez, da redução de tempos inativos consequente das melhorias implementadas, uma vez que, o tempo de produção planeado se manteve inalterado.

Por seu lado a redução do fator desempenho é facilmente explicada, tendo em consideração que o tempo de ciclo ideal é o mesmo e que surgiu um aumento significativo do tempo de operação. O fator qualidade manteve o seu valor de 100%.

Operação de EDM Penetração

	Item	Tempos (min)	Unidades (un)	Observações	(%)
Dados Recolhidos	<i>Tempo estudado</i>	1020		17 Horas	
	<i>Pequenas paragens</i>	0			
	<i>Paragem para almoço</i>	0			
	<i>Tempo de inatividade</i>	71			
	<i>Tempo de ciclo ideal</i>	0,00476		1 Peça / 210 min	
	<i>Total de peças produzidas</i>		4		
	<i>Total de peças rejeitadas</i>		0		
Dados Calculados	<i>Tempo de produção planeado</i>	1020			
	<i>Tempo de operação</i>	949			
	<i>Peças boas</i>		4		
	<i>Disponibilidade</i>				93,04%
	<i>Desempenho</i>				88,51%
	<i>Qualidade</i>				100,00%
	<i>OEE</i>				82,35%

Tabela 17 - Cálculo do OEE do equipamento 759 após melhorias implementadas

No que respeita à operação de EDM penetração, o cálculo do OEE, após as melhorias estabelecidas, evidenciou melhoria de 3,92%, quando comparados os resultados aos valores obtidos na fase inicial do estudo. À semelhança do que sucedeu na operação de EDM fio o fator qualidade manteve o valor de 100%, sendo os fatores disponibilidade e desempenho a contribuir para o aumento do valor do OEE com um acréscimo de 1,86% e 2,49% respetivamente.

4. Discussão dos resultados

Os resultados obtidos evidenciam, por um lado, as diferenças que podem surgir na aplicação da metodologia SMED em diferentes ambientes e demonstram, em simultâneo, que os resultados de uma implementação SMED de acordo com as fases apresentadas por Shingo (2000) podem ser fortemente potenciados através de uma implementação SMED de acordo com o modelo apresentado neste trabalho. Os resultados salientam também a importância de garantir um conjunto de pré-requisitos, a relevância da análise efetuada na fase preliminar à implementação integrando ferramentas de análise como o VSM e o diagrama de causa e efeito e comprovam a capacidade da métrica OEE como forma de avaliação às melhorias implementadas.

Neste trabalho, a análise que antecedeu implementação da metodologia SMED contemplou as fases de *Caracterização da situação inicial*, *Observação*, *Recolha de dados* e a *Análise dos dados* (etapas *Plan-Do-Check* do ciclo *PDCA*). Este estudo preliminar denominado, a partir deste momento, de PRÉ-SMED estabeleceu-se como grande potenciador da metodologia SMED. O estudo PRÉ-SMED constituiu-se como um pilar fundamental neste trabalho, por um lado porque serviu de suporte a toda a implementação SMED, e por outro porque maximizou os ganhos decorrentes da aplicação da metodologia SMED. Por seu lado o VSM, como parte integrante do PRÉ-SMED, foi fundamental, uma vez que, foi o ponto de partida para focalizar o estudo numa determinada família de artigos e posteriormente para possibilitou a visualização de todo o percurso e fluxo de informação ao longo da cadeia de valor em cada uma das operações, expondo as atividades sem valor acrescentado e as oportunidades de melhoria. Por sua vez a análise de Causa e Efeito (Ishikawa) foi também ela essencial no PRÉ-SMED, uma vez que, a construção do diagrama possibilitou por um lado identificar as ações de melhoria a implementar em cada operação separadamente, e por outro identificar as ações de melhoria a aplicar de forma comum a ambas as operações em estudo. O PRÉ-SMED ficou finalmente concluído com a implementação das ações de melhoria identificadas, que decorreram em paralelo com a implementação da metodologia SMED.

Analisando os resultados obtidos em cada fase da implementação SMED, separadamente para cada operação, facilmente se constata que as potencialidades de uma implementação podem ser bastante distintas de caso para caso. A evolução dos tempos de *setup* na operação EDM fio, apresentada no Gráfico 4, demonstra que ao longo do trabalho foi possível obter uma redução faseada dos tempos de *setup* que permitiu passar dos 144 minutos iniciais para os 53 minutos de tempo total de *setup*. A redução do tempo total de *setup* nesta operação deve-se essencialmente à redução significativa do *setup* interno, ou seja, do tempo de preparação quando o equipamento se encontra parado, cujo valor foi fixado em 11 minutos.

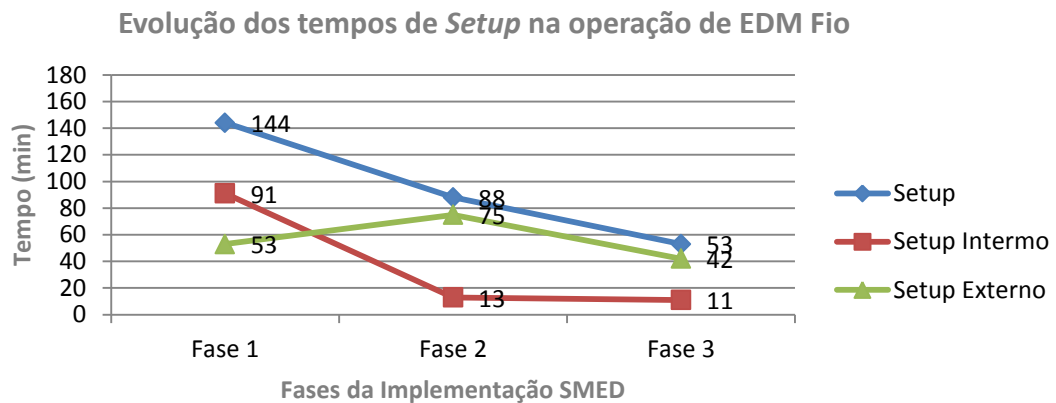


Gráfico 4 - Evolução dos tempos de Setup na operação de EDM Fio

Contrariamente ao sucedido na operação de EDM fio, a evolução dos tempos de *setup* na operação EDM penetração, apresentada no Gráfico 5, revela uma redução dos tempos de *setup* concentrada na fase 3 da implementação SMED. Este fato deve-se fundamentalmente à limitação imposta na aplicação da fase 2 da metodologia SMED, pelos motivos descritos no capítulo anterior. A implementação SMED nesta operação contribuiu com uma redução de tempo de *setup* interno de apenas 2 minutos, contudo o tempo total de *setup* fixou-se nos 63 minutos.

Apesar da significativa redução do tempo de *setup* em ambas as operações não foi atingida a barreira da realização do *setup* em menos de dez minutos conforme expresso por Shingo (2000).

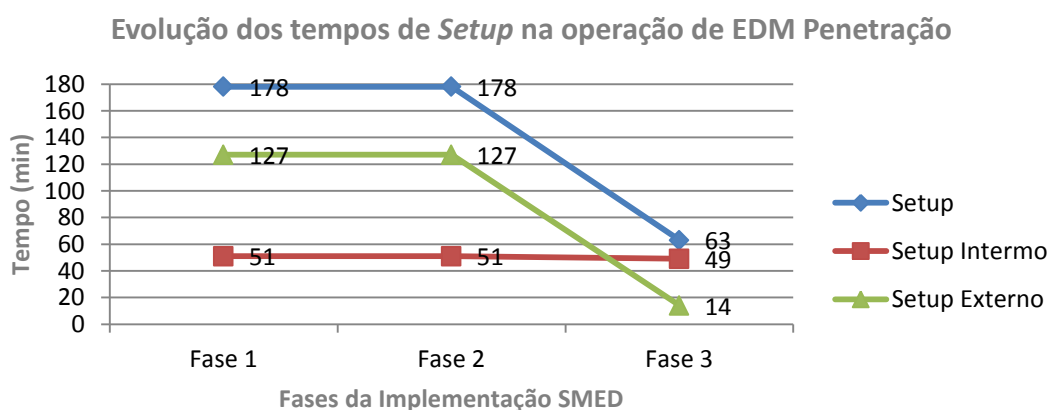


Gráfico 5 - Evolução dos tempos de Setup na operação de EDM Penetração

Terminada a implementação SMED, facilmente se conclui a importância do PRÉ-SMED, particularmente na fase 3 da implementação, em ambas as operações.

Concluiu-se também que uma implementação SMED pode trazer resultados bastante distintos dependendo da sua aplicação. O presente trabalho permitiu comparar duas realidades de aplicação através da aplicação nas operações de EDM fio e EDM penetração. A Tabela 18 apresenta uma análise comparativa das potencialidades do SMED nos dois equipamentos em estudo.

Potencialidades da aplicação SMED	EDM Fio	EDM Penetração
Cumprimento de todas as fases da implementação SMED	+	-
Maior percentagem de redução to tempo de <i>Setup</i> Total	-	+
Maior percentagem de redução to tempo de <i>Setup</i> Interno	+	-
Maior percentagem de redução to tempo de <i>Setup</i> Externo	-	+

Tabela 18 - Análise comparativa de potencialidades da implementação SMED

Se por um lado foi na operação de penetração aquela em que foi possível obter uma maior percentagem de redução de tempo total de *setup* (interno e externo) e também de *setup* externo, também é igualmente verdade que foi a operação de fio aquela em que foi possível cumprir todas as fases da implementação SMED e obter uma maior percentagem de redução de tempo de *setup* interno - tempo de preparação exequível apenas com o equipamento parado.

Ao nível do cálculo do valor de OEE, as melhorias implementadas foram quantificadas em 16,67% e 3,92% respetivamente nas operações de EDM fio e penetração. A diferença dos valores obtidos era de alguma forma esperada uma vez que, por um lado foi na operação de EDM fio aquela em que se retirou maior partido da aplicação SMED e por outro lado é também nesta operação que existe maior número de *setups*. No caso da operação de EDM penetração o *setup* só existe uma vez, ou seja, no momento inicial em que o equipamento é preparado com todas as unidades em simultâneo, permitindo depois que ele funcione por diversas horas sem intervenção humana. Ainda no que respeita à abordagem OEE, importa comparar os resultados obtidos no fator disponibilidade, que representam um acréscimo de cerca de 33,9% e 1,9% respetivamente nas operações de EDM fio e penetração. Analisando estes dados, tendo em consideração a relação entre as seis grandes perdas e as ferramentas aplicáveis a cada uma delas - Tabela 5 - facilmente compreendemos que tais diferenças estão associadas sobretudo à implementação SMED e de *poka-yokes*.

A redução de tempos de *setup* interno permitirá reduzir os custos produtivos dos artigos integrantes da família de artigos em estudo - matrizes de extrusão aberta em aço e metal duro. Tendo por base o número de *setups*, que ocorreram ao longo do ano de 2014, na

família de artigos em estudo e o custo de produção por minuto em cada operação, estimou-se a percentagem de redução de custos produtivos relativamente ao total faturado em 2014, na família de artigos em estudo. Conforme ilustra a Tabela 19, a poupança estimada para um período de um ano é de cerca 15%. Contudo importa perceber que os benefícios económicos resultantes deste trabalho vão além dos benefícios diretos previstos na Tabela 19, pois resultam ainda uma série de benefícios indirectos que não são facilmente quantificáveis economicamente, consequentes, essencialmente, da reorganização de processos.

Tipo de Matriz	Nº de setups em 2014	Redução potencial em cada setup (min)	Redução expectável no período de 1 ano (min)	Redução de custos produtivos estimada (%)
EDM Fio	108	80	8640	14%
EDM penetração	108	2	216	1 %
Total				15%

Tabela 19 - Redução de custos produtivos na família de artigos em estudo

No desenvolvimento deste trabalho, o envolvimento e a motivação dos colaboradores ao longo de todo o período do projeto constituiu-se como uma medida essencial para o atingir dos resultados obtidos.

Contudo a realização deste trabalho expôs algumas limitações como o facto de focalizar o estudo apenas numa determinada família de artigos, tendo em consideração que na Sermocol são produzidos artigos que integram dezenas de famílias de artigos distintas. Outra limitação prende-se com a necessidade de elevados investimentos para obter melhores resultados, conforme se verificou, durante a fase 2 da implementação SMED, no estudo do equipamento de EDM penetração.

Em suma, os objetivos que foram propostos foram cumpridos, deixando este trabalho uma base para futuros trabalhos SMED que, eventualmente, possam surgir na empresa, deixa igualmente um modelo que poderá ser seguido, na empresa, para ampliar a aplicação SMED a outros equipamentos ou células de fabrico. O modelo tem também aplicabilidade em outras organizações que optem pela implementação SMED.

5. Conclusão

A realização deste trabalho permite concluir que os resultados obtidos numa implementação SMED podem ser bastantes distintos em cada caso de aplicação. A disparidade de resultados não ocorre apenas quando são comparadas implementações em organizações com ambientes distintos, como o presente trabalho o comprova, os resultados obtidos também podem variar bastante quando comparadas implementações SMED no mesmo ambiente produtivo, ou seja, mais concretamente na mesma organização. Contudo as diferenças obtidas nas duas aplicações em estudo não se fazem sentir a nível da percentagem de redução do tempo total de *setup*, onde foram alcançadas reduções de 63,20% e 64,60% respetivamente nas operações de EDM fio e penetração. As diferenças mais significativas refletem-se na capacidade ou não que uma implementação pode ter para explorar todas as potencialidades do método, nomeadamente o cumprimento de todas as fases apresentadas por Shingo (2000). O trabalho realizado no presente caso de estudo revela duas realidades distintas na capacidade de cumprir todas as fases da metodologia SMED, evidenciando a relação direta desta lacuna com os resultados obtidos na redução de tempo despendido em *setup* interno, ou seja, no caso concreto da aplicação ao equipamento de EDM fio, onde foram cumpridas todas as fases da metodologia SMED segundo Shingo (2000), atingiu-se uma redução de tempo de *setup* interno de cerca de 87,9%, por sua vez no equipamento de EDM penetração, onde não foi possível explorar todas as fases da metodologia SMED, obteve-se uma redução de *setup* interno de apenas 3,9%.

As diferenças existentes nas duas aplicações SMED, salientam a relevância de todo o trabalho de análise realizado previamente à fase de implementação - o PRÉ-SMED. O desenvolvimento de uma fase PRÉ-SMED constitui-se essencial para potenciar os resultados da implementação SMED, pois a concretização desta análise preliminar proporcionou por um lado o reunir de um conjunto de condições que devem existir antes de iniciar qualquer trabalho SMED e por outro a visualização da “fotografia” do panorama geral da sequência de todos os fluxos e atividades interligadas aos processos de *setup*. Outro contributo resultante do PRÉ-SMED prende-se com a reorganização de processos, implementação de procedimentos, despoletar de atividades no início dos processos de fabrico, eliminando assim tempos que até ao momento eram despendidos durante os processos de *setup*. A implementação de ações de melhoria na fase PRÉ-SMED contribuiu para o eliminar da dependência das pessoas em determinados processos e permitiu puxar *know-how* do responsável de produção para o início dos processos por forma a eliminá-lo dos processos de *setup*.

É necessário ter em consideração que este trabalho foi a primeira abordagem à redução dos tempos de *setup* na Sermocol e portanto torna-se fundamental que no futuro próximo, numa primeira fase, haja uma preocupação em manter os ganhos alcançados na redução

dos tempos de *setup* e numa segunda fase, eventualmente, alargar o âmbito dos trabalhos SMED a outros equipamentos e mesmo a novas famílias de artigos seguindo uma lógica de melhoria contínua, recorrendo para isso ao modelo apresentado neste trabalho que faz a analogia ao ciclo PDCA.

Não menos importante será a continuação da comunicação dos resultados aos colaboradores.

A realização deste trabalho levantou também outras questões não relacionadas diretamente com *setup*, que poderão ser tomadas em consideração, por exemplo, na realização de trabalhos futuros. A questão do elevado tempo despendido em atividades sem valor acrescentado (94,19%) exposta através da esquematização do VSM do estado atual para a família de artigos de matrizes de extrusão aberta em aço e metal duro (Figura 23) é um exemplo disso mesmo. Apesar da importância, esta questão não foi aprofundada ao longo do trabalho, visto que, o objetivo principal do trabalho foi definido desde início como a implementação SMED e foi essa a linha de orientação seguida. Para além da questão do objetivo do trabalho, também é importante ter em consideração que o elevado tempo de atividades sem agregação de valor é fortemente influenciado pelo tempo de espera da matéria-prima metal duro (Figura 23) e para uma melhorar um pouco este desempenho seria necessário um elevado investimento da empresa e para já essa questão não se coloca por parte da empresa.

Em suma, o resultado do trabalho realizado não quantificável apenas pela melhoria do valor de OEE (16,67% e 3,92% respetivamente nas operações de EDM fio e penetração) pois estima-se que o trabalho levando a cabo nas duas operações em conjunto, no período de um ano, contribuirá com uma poupança de 15% na produção dos artigos pertencentes á família de artigos em estudo - matrizes de extrusão aberta em aço e metal duro. Os ganhos resultantes do trabalho realizados nos equipamentos de EDM fio e penetração e concretamente na família de artigos em estudo deverão servir de incentivo a continuação do trabalho noutros equipamentos e noutras famílias de artigos.

Referências bibliográficas

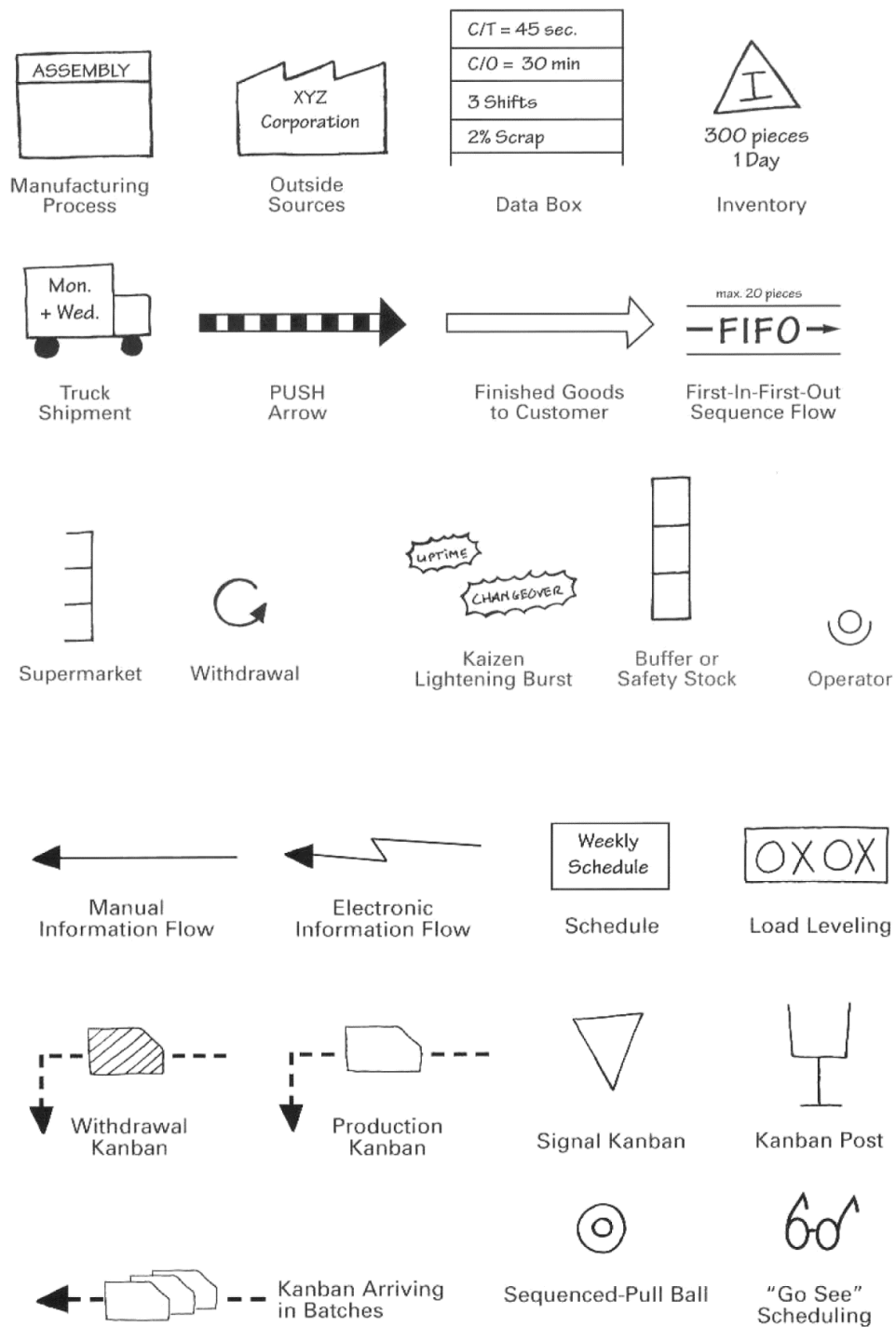
- Needs Assessment Knowledge Base. (2007). *WBI Evaluation Group*.
- 12Manage. (26 de Outubro de 2014). Obtido de 12Manage - The knowlege network about management: http://www.12manage.com/methods_ishikawa_cause_effect_diagram.html
- Lean Production. (16 de Novembro de 2014). Obtido de Lean Production: <http://www.leanproduction.com/oeo>
- OEE. (16 de Novembro de 2014). Obtido de OEE: <http://www.oee.com/world-class-oee>.
- Thinkfn. (18 de Outubro de 2014). Obtido de Thinkfn: <http://www.thinkfn.com>
(21 de Março de 2015). Obtido de www.takttime.net: <http://takttime.net/artigos-lean-manufacturing/jit-lean-manufacturing/definicao-takt-time-e-tempo-de-ciclo/>
- Electrical Discharge Machining. (1 de Março de 2015). Obtido de <http://www.edmmachining.com>
- Enciclopédia Temática. (14 de Fevereiro de 2015). Obtido de Knoow: <http://www.knoow.net/cienceconempr/gestao/knowhow.htm>
- TSGKOREA. (17 de Maio de 2015). Obtido de <http://www.tsgkorea.co.kr>
- Barros, J. F., & Lima, G. B. (2009). Influência da Gestão da Manutenção nos Resultados da Organização. *V Congresso Nacional de excelência em gestão*. Rio de Janeiro.
- Braglia, M., Frosolini, M., & Zammori, F. (2009). Uncertainty in value stream mapping analysis. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 435-453.
- Couto, R. J. (2008). *Estudo de implementação do método SMED e do método de Taguchi no processo de injeção de plásticos*. Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Dave, Y., & Sohani, N. (2012). Single Minute Exchange of Dies: Literature Review. *International Journal of Lean Thinking*, 3, 27-37.
- Hogfeldt, D. (2005). *Plant Efficiency - A value stream mapping and overall equipment effectiveness*. Luleå.
- Huang, S. H., Dismukes, J. P., Shi, J., Su, Q., Razzak, M. A., Bodhale, R., et al. (2003). Manufacturing productivity improvement using effectiveness metrics and simulation analysis. *Int. J. Prod.*, 41, 513-527.
- Jeong, K. Y., & Phillips, D. T. (2001). Operational efficiency and effectiveness measurement. *International Journal of Operations & Production Management*, 21, 1404-1416.
- Khaswala, Z. A., & Irani, S. A. (10-11 de September de 2001). Value Network Mapping (VNM): Visualization and Analysis of Multiple Flows in Value Stream Maps. *Proceedings of the Lean Management Solutions Conference*.
- Leavengood, S., & Reeb, J. E. (2009). Performance Excellence in The Wood Products Industry. *Statistical Process Control*.
- Mahto, D., & Kumar, A. (Julho de 2008). Application of root cause analysis in improvement of product. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 1, 16-53.

- Moxham, C., & Greatbanks, R. (2001). Prerequisites for the implementation of the SMED methodology: A study in a textile processing environmet. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 18, 404-414.
- Oliveira, H. (1 de Março de 2015). Obtido de Slideshare:
http://pt.slideshare.net/hertzoliveira3/eletroeroso-27147247?next_slideshow=1
- Patel, S., Dale, B. G., & Shaw, P. (2001). Set-up time reduction and mistake proofing methods: an examination in precision component manufacturing. *The TQM Magazine*, 175-179.
- Pedroso, M. N. (2007). A Formação do Novo Trabalhador Frente à Reestruturação do Trabalho e da Produção. *Sociedade em Debate*, 121-137.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras*. Lisboa: Lidel.
- Puvanasvaran, P., Kim, C. Y., & Siang, T. Y. (15/16 de Outubro de 2012). Overall Equipment Efficiency (OEE) Improvement Through Integrating Quality Tool: Case Study. *International Conference on Design and Concurrent Engineering*, (pp. 213-222). Melaka.
- Relvas, C. (2000). *Controlo numérico computadorizado: conceitos fundamentais*. Publindústria.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to see - Value Stream Mapping to create value and eliminate muda*. Brookline, Massachusetts, EUA: The Lean Enterprise Institute.
- Shingo, S. (2000). *Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: Uma Revolução nos Sistemas Produtivos*. Porto Alegre: Bookman.
- Silva, J. P. (2009). *OEE - A forma de medir a eficácia dos equipamentos*.
- Timasani, R., Mahesh, N. S., & Doss, K. (Setembro de 2011). Reducing the set-up time in a CNC machining line using QCO methods. *SASTECH Journal*, 10(2), 56-62.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. London: Touchstone books.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*. New York: Rawson Associates.
- Zuashkiani, A., Rahmandad, H., & Jardine, A. K. (2011). Mapping the dynamics of overall equipment effectiveness to enhance asset management pratices. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 17, 74-92.

Anexos

Anexo A - Simbologia do VSM para o fluxo de materiais, informação e outros ícones gerais

Fonte: ((Rother & Shook, 1999))



Anexo B - Parque de máquinas por setor

Sector / Célula de Fabrico	Tipo de Equipamento	Nº Equipamento	Nome do Equipamento
Torneamento Convencional	Convencional	716	TORNO - AMUTIO CAICAZENEUVE I
Torneamento Convencional	Convencional	723	TORNO - AMUTIO CAICAZENEUVE II
Torneamento CNC	CNC	705	TORNO CNC - COLCHESTER
Torneamento CNC	CNC	711	TORNO CNC - MORI-SEIKI SL - 6
Torneamento CNC	CNC	733	TORNO CNC - MORI SEIKI SL - 3
Torneamento CNC	CNC	734	TORNO CNC - GILDEMEISTER
Torneamento CNC	CNC	776	TORNO CNC MORI SEIKI SL-25 BS
Torneamento CNC	CNC	777	TORNO CNC MORI SEIKI SL-250A
Retificação plana	Convencional	708	RETIFICADORA PLANA - CHIKUAN
Retificação plana	Convencional	725	RETIFICADORA PLANA - CHIKUAN
Retificação plana	Convencional	783	RETIFICADORA PLANA CHEVALIER FSG-1632AD
Retificação Cilíndrica	Convencional	726	RETIFICADORA CILÍNDRICA INTERIORES - VOUMARD 5A
Retificação Cilíndrica	CNC	732	RETIFICADORA INTERIORES CNC - JAGURA
Retificação Cilíndrica	Convencional	735	RETIFICADORA SEM CENTROS - JAGURA 12C
Retificação Cilíndrica	NC	738	RETIFICADORA CILÍNDRICA EXT. E INTER. - SCHAUDT
Retificação Cilíndrica	Convencional	751	RETIFICADORA CILÍNDRICA DE INTERIORES VOUMARO - 5A
Retificação Cilíndrica	CNC	752	RETIFICADORA CILÍNDRICA EXTERIORES CNC - TOYODA 45M
Retificação Cilíndrica	Convencional	764	RETIFICADORA UNIVERSAL - BETA U50
Retificação Cilíndrica	CNC	791	RETIFICADORA CILÍNDRICA DE INTERIORES CNC - OVERBECK 100 UR
Retificação Cilíndrica	Convencional	792	MORI SEIKI - RETIFICAÇÃO
Retificação Cilíndrica	Convencional	793	RETIFICADORA CILÍNDRICA DE INTERIORES VOUMARO - 5A
Retificação Cilíndrica	CNC	795	STUDER S40
Retificação Cilíndrica	Convencional	800	CENETERLESS MICROREX
Fresagem Convencional	Convencional	701	FRESADORA - ANAYAK - FU-205
Fresagem Convencional	Convencional	717	FRESADORA - DECKEL
Fresagem Convencional	Convencional	724	FRESADORA - BRIDGEPORT
Fresagem Convencional	Convencional	779	ROSCADORA PNEUMÁTICA ROSCAMAT
Fresagem CNC	CNC	754	CENTRO DE MAQUINAÇÃO CNC - MORI SEIKI F-M1
Fresagem CNC	CNC	756	CENTRO DE MAQUINAÇÃO CNC - DMU 60 T
Fresagem CNC	CNC	778	FRESADORA CNC COMBITEC
Fresagem CNC	CNC	799	CENTRO DE MAQUINAÇÃO CNC - MORI SEIKI MV-55
EDM	CNC	740	EDM - FIO AGIE CUT-20
EDM	Convencional	741	EDM - FURAR
EDM	CNC	759	EDM - PENETRAÇÃO CNC - ONA NX3
EDM	NC	785	EDM DE PENETRAÇÃO ARISTECH LS-350
EDM	CNC	786	EDM - FIO FANUC W1
EDM	CNC	796	EDM - FIO FANUC ALPHA 400I
EDM	CNC	797	EDM - PENETRAÇÃO CNC - ONA NX3
Acabamento Final	Convencional	721	POLIDORA - SUNNEN MLB 650E
Acabamento Final	Convencional	736	FERRAMENTARIA - POLIDORA MATRIZES I
Acabamento Final	Convencional	760	POLIDORA - SUNNEN MBC 1804

Anexo C - História e princípio de funcionamento da técnica EDM

A técnica de EDM foi descoberta em 1770 pelo cientista Inglês Joseph Priestly mas apenas em 1943 começou a ser potenciada graças à contribuição dos cientistas Russos B.I. Lazarenko e N.I. Lazarenko que levaram a cabo o desenvolvimento de um processo de maquinação que viria a formar a base para a *EDM* moderna (Electrical Discharge Machining, 2015).

O princípio da eletroerosão baseia-se na destruição de partículas metálicas através de descargas elétricas ocorridas entre um eletrodo e uma peça, que necessitam de ser bons condutores elétricos, mergulhados num fluido isolante denominado dielétrico. Este processo facilita a execução de peças que dada a sua elevada dureza não podem ser executadas em tornos, fresadoras ou em outros tipos de máquinas, garantindo simultaneamente elevada precisão.



PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE SETUP

Modo operatório para maquinação de matrizes da família XXMEA-C	P.0001
--	--------

Data:	Criado por:	Aprovado por:	Versão:	Página(s)
15-05-2015	<i>[assinatura]</i>		V0	1/2

Setor/Célula de Fabrico:	EDM FIO	Operação:	OP0112	Equip.:	796
--------------------------	---------	-----------	--------	---------	-----

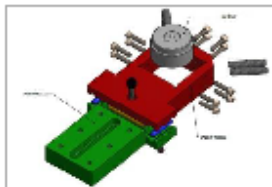

A. Objetivo e Âmbito

Este procedimento tem por objectivo definir as etapas e tempos necessários para a maquinação de matrizes da família de artigos: matrizes de extrusão aberta em aço/metal duro


B. Responsável pela operação

Operadore(s) do sector de EDM Fio


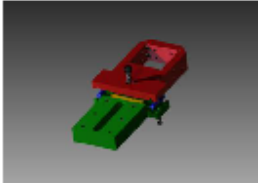

C. Modo de Proceder

Descrição	Imagem	Tempo (min)	Tempo Ac. (min)
1. Registo informático de início de operação (O.T.)		2	
2. Executar programa de maquinação, no software FAPCUT		15	17
3. Validar programa <i>Transmitir a informação/programa para o equipamento e confirmar que a informação está correta.</i>		6	23
4. Fixar matriz ao suporte <i>Fixar a matriz a maquinar ao suporte de fixação externo (ver Fig. 1). Esta etapa é realizada na bancada de trabalho sem interferir com o normal funcionamento do equipamento.</i>		2	25
5. Centrar e comparar matriz <i>Centrar e comparar a matriz a maquinar, com recurso a um relógio comparador (ver Fig. 2), no suporte de fixação externo ao equipamento. Esta etapa é realizada na bancada de trabalho sem interferir com o normal funcionamento do equipamento.</i>		14	39
6. "Zerar Peça" (Posicionar máquina) <i>Introduzir, no comando numérico do equipamento, a informação necessária para posicionar o equipamento.</i>		5	44

Modo operatório para maquinação de matrizes da família XXMEA-C	P.0001
---	---------------

Data:	Criado por:	Aprovado por:	Versão:	Página(s)
15-05-2015			V0	2/2

Setor/Célula de Fabrico:	EDM FIO	Operação:	OP0112	Equip.:	796
---------------------------------	----------------	------------------	---------------	----------------	------------

Descrição	Imagem	Tempo (min)	Tempo Ac. (min)
7. Fixar suporte amovível ao fixo <i>Fixar o suporte amovível ao suporte fixo (que está no interior do equipamento - Fig. 3). Esta etapa é realizada na mesa do próprio equipamento.</i>	 <p>Fig. 3 - Fixação dos suportes</p>	2	46
Executar operação			
8. Retirar conjunto matriz/suporte do equipamento <i>Retirar o conjunto matriz/suporte amovível do equipamento.</i>	 <p>Fig. 4 - Retirar suporte amovível</p>	3	49
9. Controlo dimensional <i>Com recurso a um micrómetro de interiores, medir a peça recém-maquinada por forma a verificar se a(s) cota(s) foram cumpridas. Caso a matriz não esteja conforme, comunicar o desvio ao departamento de Qualidade.</i>	 <p>Fig. 5 - Controlo dimensional</p>	4	53



PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE SETUP

Modo operatório para maquinação de matrizes da família XXMEA-C	P.0002
--	--------

Data:	Criado por:	Aprovado por:	Versão:	Página(s)
15-05-2015			V0	1/2

Setor/Célula de Fabrico:	EDM PENETRAÇÃO	Operação:	OP0121	Equip.:	759
--------------------------	----------------	-----------	--------	---------	-----




A. Objetivo e Âmbito

Este procedimento tem por objectivo definir as etapas e tempos necessários para a maquinação de matrizes da família de artigos: matrizes de extrusão aberta em aço/metal duro


B. Responsável pela operação

Operadore(s) do sector de EMD Penetração


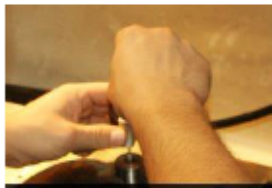
C. Modo de Proceder

Descrição	Imagem	Tempo (min)	Tempo Ac. (min)
1. Registo informático de início de operação (O.T.)		2	
2. Executar programa de maquinação, no comando numérico do equipamento <i>Tomar em consideração a informação presente na O.T. dos eléctrodos (por exemplo: valor do Gap)</i>		23	25
3. Validar programa <i>Confirmar que a informação está correta.</i>		2	27
4. Fixar matriz(es) ao magnético do equipamento <i>Antes de colocar a(s) matriz(e)s no magnético, confirmar que o manípulo está na posição esquerda. Após colocar a(s) matriz(e)s no magnético, colocar o manípulo na posição direita (Fig.2)</i>		2	29
5. Colocar os eléctrodos no equipamento <i>Colocar os eléctrodos, por ordem, no carregador do equipamento de acordo com o ilustrado na figura 3</i>		3	32

Modo operatório para maquinação de matrizes da família XXMEA-C	P.0002
---	---------------

Data:	Criado por:	Aprovado por:	Versão:	Página(s)
15-05-2015			V0	2/2

Setor/Célula de Fabrico:	EDM PENETRAÇÃO	Operação:	OP0121	Equip.:	759
---------------------------------	-----------------------	------------------	---------------	----------------	------------

Descrição	Imagem	Tempo (min)	Tempo Ac. (min)
6. Centrar e comparar matriz(es) <i>Centrar e comparar a(s) matriz(es) a maquinar, com recurso a um relógio comparador (ver Fig. 4), colocado na torre do equipamento, de acordo com o ilustrado na figura 4.</i>	 <p>Fig. 4 - Comparar matriz</p>	12	44
7. "Zerar Peça" (Posicionar máquina) <i>Introduzir, no comando numérico do equipamento, a informação necessária para posicionar o equipamento e iniciar a maquinação</i>		5	49
<i>Executar operação</i>			
8. Retirar matriz(es) do equipamento <i>Desativar o magnético (posição esquerda) e retirar a(s) matriz(es) do equipamento</i>		2	51
9. Controlo dimensional <i>Com recurso a um micrómetro de interiores, medir a peça recém-maquinala por forma a verificar se a(s) cota(s) foram cumpridas. Caso a(s) matriz(es) não esteja(m) conforme(s), comunicar o desvio ao departamento de Qualidade.</i>		12	63

Anexo F - Ficha de Poka-Yoke para operação de EDM Fio



FICHA DE POKA-YOKE

Verificação do alinhamento do fio	PY.0001
-----------------------------------	---------

Data:	Criado por:	Aprovado por:	Versão:	Página(s)
30-04-2015			V0	1/1

Setor/Célula de Fabrico:	EDM	Operação:	OP0112	Equip.:	796
--------------------------	-----	-----------	--------	---------	-----

Esquemas e/ou Fotos	Descrição
	<p>ANTES</p> <p>O alinhamento do fio não é testado/verificado. Muitas vezes são detectadas não conformidades em processos a montante, implicando horas de trabalho em peças já sucatas sem que tenha sido detectada a não conformidade. Paralelismo, perpendicularidade e concentricidade são exemplos de características que podem não são cumpridas caso o fio se encontre desalinhado.</p>
<p>PADRÃO</p>	<p>DEPOIS</p> <p>O alinhamento do fio efectuado diariamente assegura que o equipamento se encontra em plenas condições para que possa garantir os requisitos técnicos de cada ordem de trabalho.</p>

Vigilância	
Controlado por:	Operador
Frequência de verificação:	1 Vez no início do 1º turno
<p>Método:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Retirar a boquilha superior e inferior do equipamento. 2) Fixar o padrão na mesa da máquina. 3) No comando numérico, aceder ao menu de alinhamento automático e inserir os dados solicitados. (Caso o padrão seja fixado com a numeração direcionada para o operador terá de ser seleccionada a opção "sentido bloco A", caso seja fixado na direção oposta terá der seleccionado o "sentido bloco B".) 4) Iniciar o alinhamento automático. 	
Ganhos:	Elimina ocorrência de não conformidades derivadas ao desalinhamento do fio.

FP.PRO.001

01-05-2015

Anexo G - Registo de verificação do Poka-Yoke PY.0001



REGISTO DE VERIFICAÇÃO
DE POKA-YOKE's

OPERAÇÃO	SECTOR	EQUIPAMENTO
OP0090	EDM	796

Poka-Yoke's a verificar:
PY.0001 - Verificação do alinhamento do fio

Frequência de Verificação:
1 vez no início do 1º turno

Equipamento(s):
796 EDM - Fio FANUC Alpha 400i

Em caso de avaria prolongada do Poka-Yoke o modo de verificação será definido pelo Responsável de Produção

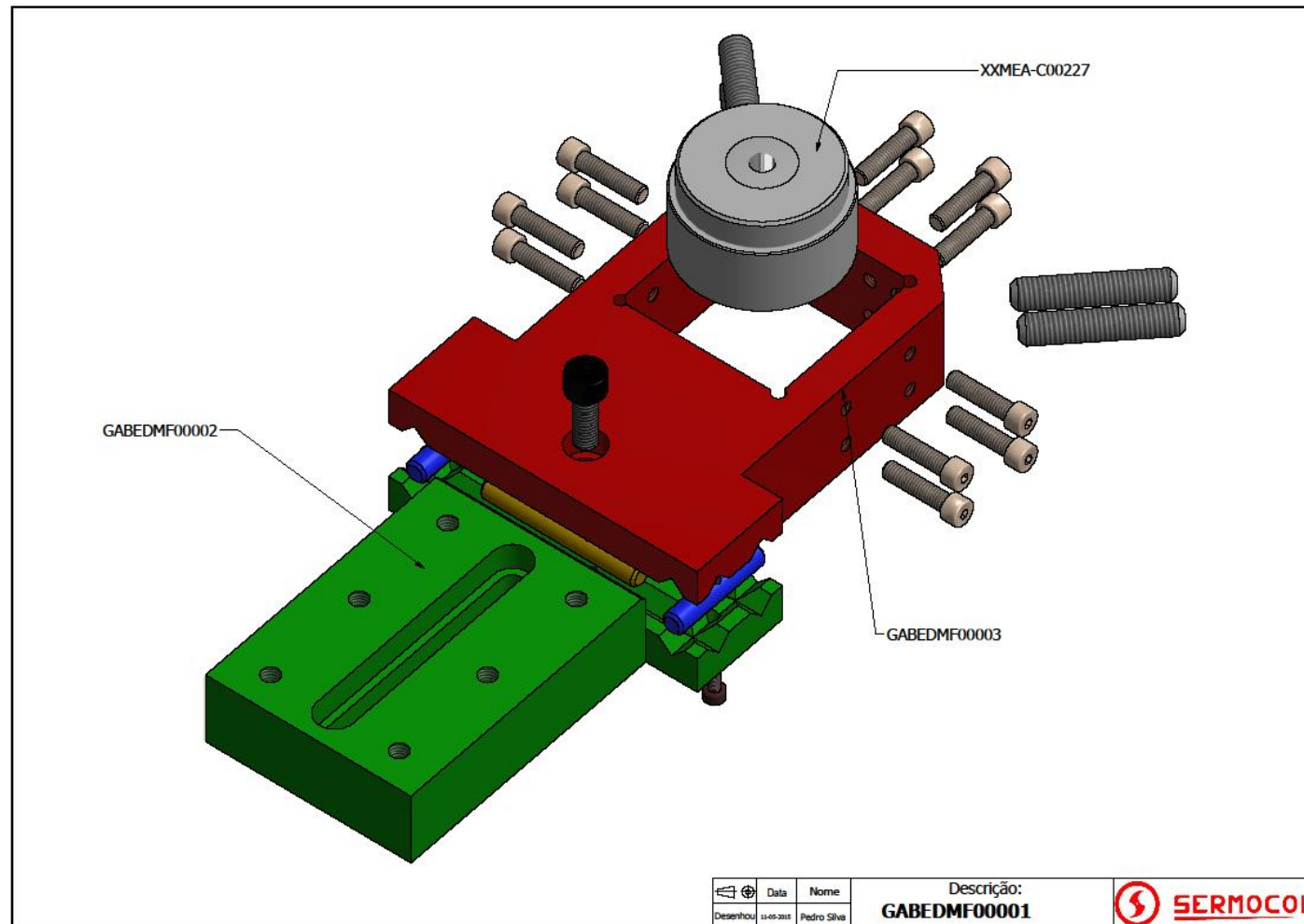
	Rúbrica	O.K	N/C	Observações
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

	Rúbrica	O.K	N/C	Observações
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

RA.PRO.001

01/05/2015

Anexo H - Suporte de fixação desenvolvido no âmbito do projeto SMED



DT.003.1



OT - Ordem de Trabalho

15/9191 (3+8+8 | 19)

ALERTAS

XXAI01003755		Corte de barra	
15/9208	1 uni	Nº Operador _____	
(15/216)	30-04-2015	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0010			
Corte			

Componentes	ACO237900064	BARRA em 1.2379 com 108x35 mm	145 m A0010
--------------------	--------------	-------------------------------	-------------

XXAI04001868		Fresagem convencional	
	Nº Operador _____	15/9206	1 uni
	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	(15/216)	04-05-2015
	OP0040		
Fresa convencional			

Componentes	XXAI01003755	Corte de barra	1 uni A0100
--------------------	--------------	----------------	-------------

XXAI06006755		Rectificação plana	
15/9204	1 uni	Nº Operador _____	
(15/216)	06-05-2015	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0060			
Rectificação Plana			

Componentes	XXAI04001868	Fresagem convencional	1 uni A0500
--------------------	--------------	-----------------------	-------------

XXAI04001867		Fresa convencional	
	Nº Operador _____	15/9202	1 uni
	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	(15/216)	08-05-2015
	OP0040		
Fresa convencional			

Componentes	XXAI06006755	Rectificação plana	1 uni A0300
--------------------	--------------	--------------------	-------------

XXAI15103819		Sub-contratação - Tratamento térmico	
15/9200	1 uni	Nº Operador _____	
(15/216)	12-05-2015	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0151.2.4			
Sub-contratação - Tratamento térmico HAERTHA - 1.2379 (58/60 HRC)			

Componentes	XXAI04001867	Fresa convencional	1 uni A0100
--------------------	--------------	--------------------	-------------

XXAI06006754		Rectificação plana	
	Nº Operador _____	15/9198	1 uni
	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	(15/216)	14-05-2015
	OP0060		
Rectificação Plana			

Componentes	XXAI15103819	Sub-contratação - Tratamento térmico	1 uni A0500
--------------------	--------------	--------------------------------------	-------------


XXAI10000595		EDM Fio - Geometria Complexa	
15/9196	1 uni	Nº Operador _____	
(15/216)	18-05-2015	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0112			
EDM Fio - Geometria Complexa			

Componentes	XXAI06006754	Rectificação plana	1 uni A0900
--------------------	--------------	--------------------	-------------


GABEDMF00003		Gabari EDM Fio com área de fixação quadrada de 62 x 62 mm - Fixad	
	Nº Operador _____	15/9195	1 uni
	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	(15/216)	19-05-2015
	OP0170		
Controlo final			

Componentes	XXAI10000595	EDM Fio - Geometria Complexa	1 uni A1200
--------------------	--------------	------------------------------	-------------


ALERTAS

XXAI01003756		Corte de barra	
15/9209	1 uni	Nº Operador _____	
(15/216)	30-04-2015	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0010			


Componentes	ACO237900086	BARRA em 1.2379 com 82x28 mm	150 m A0010
--------------------	--------------	------------------------------	-------------

XXAI04001870		Fresagem convencional	
	Nº Operador _____	15/9207	1 uni
	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	(15/216)	04-05-2015
	OP0040		


Componentes	XXAI01003756	Corte de barra	1 uni A0100
--------------------	--------------	----------------	-------------

XXAI06006757		Rectificação plana	
15/9205	1 uni	Nº Operador _____	
(15/216)	06-05-2015	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0060			


Componentes	XXAI04001870	Fresagem convencional	1 uni A0500
--------------------	--------------	-----------------------	-------------

XXAI04001869		Fresa convencional	
	Nº Operador _____	15/9203	1 uni
	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	(15/216)	08-05-2015
	OP0040		


Componentes	XXAI06006757	Rectificação plana	1 uni A0300
--------------------	--------------	--------------------	-------------

XXAI15103820		Sub-contratação - Tratamento térmico	
15/9201	1 uni	Nº Operador _____	
(15/216)	12-05-2015	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0151.2.4			


Componentes	XXAI04001869	Fresa convencional	1 uni A0100
--------------------	--------------	--------------------	-------------

XXAI06006756		Rectificação plana	
	Nº Operador _____	15/9199	1 uni
	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	(15/216)	14-05-2015
	OP0060		

Componentes	XXAI15103820	Sub-contratação - Tratamento térmico	1 uni A0500
--------------------	--------------	--------------------------------------	-------------

XXAI10000596		EDM Fio - Geometria Complexa	
15/9197	1 uni	Nº Operador _____	
(15/216)	18-05-2015	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0112			

Componentes	XXAI06006756	Rectificação plana	1 uni A0900
--------------------	--------------	--------------------	-------------

GABEDMF00002		Gabari EDM Fio com área de fixação quadrada de 62 x 62 mm - Fixad	
	Nº Operador _____	15/9194	1 uni
	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	(15/216)	19-05-2015
	OP0170		


Componentes	XXAI10000596	EDM Fio - Geometria Complexa	1 uni A1200
--------------------	--------------	------------------------------	-------------





OT - Ordem de Trabalho


15/9168 (4+4+5+6+4 | 23)

ALERTAS


XXAIMDB01238				Distribuição Metal Duro em Bruto			
15/9188		2 uni		Nº Operador _____			
(15/141)		31-05-2015		Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni			
OP0001		Distribuição de metal duro					
Componentes		XG50ESB00154		Metal duro em bruto de sinterização em G50 - Especial		2 uni	

XXAI06006751				Rectificação Plana			
		Nº Operador _____		15/9186		2 uni	
		Data ____/____/____		Qtd. NC _____ uni		(15/141) 31-05-2015	
		OP0060		Rectificação Plana			
Componentes		XXAIMDB01238		Distribuição Metal Duro em Bruto		2 uni A0500	


XXAI07004978				Rectificação Cilindrica Exterior CNC (Ø<150 mm e L<400 mm)			
15/9184		2 uni		Nº Operador _____			
(15/141)		31-05-2015		Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni			
OP0080		Rectificação Cilindrica Exterior CNC Ø<150 mm e L<400 mm					
Componentes		XXAI06006751		Rectificação Plana		2 uni A0600	

XXAI14201199				Núcleo rectificado em metal duro Ø26,00 X 50,00			
		Nº Operador _____		15/9182		2 uni	
		Data ____/____/____		Qtd. NC _____ uni		(15/141) 31-05-2015	
		OP0170		Controlo final			
Componentes		XXAI07004978		Rectificação Cilindrica Exterior CNC (Ø<150 mm e L<400 mm)		2 uni A1300	


ALERTAS

XXAI01003754		Corte de varão	
15/9190	2 uni	Nº Operador _____	
(15/141)	30-05-2015	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0010			
Corte			


Componentes	ACO234400023	Varão Redondo em 1.2344 com Ø56 mm	100 m A0010
-------------	--------------	------------------------------------	-------------

XXAI02004168		Torneado	
	Nº Operador _____	15/9189	2 uni
	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	(15/141)	30-05-2015
	OP0031		
Torno CNC - Maq. Manga Ø<87 mm e L<850 mm			


Componentes	XXAI01003754	Corte de varão	2 uni A0200
-------------	--------------	----------------	-------------

XXAI15103818		Sub-contratação - Tratamento térmico	
15/9187	2 uni	Nº Operador _____	
(15/141)	31-05-2015	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0151.2.7			
Sub-contratação - Tratamento térmico HAERTHA - 1.2344 (47/49 HRC)			


Componentes	XXAI02004168	Torneado	2 uni A0400
-------------	--------------	----------	-------------

XXAI06006750		Rectificação plana	
	Nº Operador _____	15/9185	2 uni
	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	(15/141)	31-05-2015
	OP0060		
Rectificação Plana			

Componentes	XXAI15103818	Sub-contratação - Tratamento térmico	2 uni A0600
-------------	--------------	--------------------------------------	-------------










XXAI09004448		Rectificação Cilíndrica Interiores CNC	
15/9183	2 uni	Nº Operador _____	
(15/141)	31-05-2015	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0094			
Rectificação Cilíndrica Int. CNC Ø<60 mm e L<100 mm			

Componentes	XXAI06006750	Rectificação plana	2 uni A0900
-------------	--------------	--------------------	-------------

XXAI14100669		Carcaça em aço Ø52,00 x 50,00	
	Nº Operador _____	15/9181	2 uni
	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	(15/141)	31-05-2015
	OP0170		
Controlo final			

Componentes	XXAI09004448	Rectificação Cilíndrica Interiores CNC	2 uni A1200
-------------	--------------	--	-------------

ALERTAS


XXAI13003481 Montagem de componentes			
15/9180	2 uni	Nº Operador _____	
(15/141)	31-05-2015	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0140 Montagem de componentes			
Componentes	XXAI14100669	Carga em ago Ø52,00 x 50,00	2 uni
	XXAI14201199	Núcleo rectificado em metal duro Ø26,00 X 50,00	2 uni
XXAI06006752 Rectificação plana			
	Nº Operador _____	15/9179	2 uni
	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	(15/141)	31-05-2015
OP0060 Rectificação Plana			
Componentes	XXAI13003481	Montagem de componentes	2 uni A1000
XXAI07004979 Rectificação Cilindrica Exterior CNC			
15/9176	2 uni	Nº Operador _____	
(15/141)	31-05-2015	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0080 Rectificação Cilindrica Exterior CNC Ø<150 mm e L<400 mm			
Componentes	XXAI06006752	Rectificação plana	2 uni A0900
XXAI09500310 EDM Fio - Geometria Complexa			
	Nº Operador _____	15/9175	2 uni
	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	(15/141)	31-05-2015
OP0112 EDM Fio - Geometria Complexa			
Componentes	XXAI07004979	Rectificação Cilindrica Exterior CNC	2 uni A1300
XXAI09004450 Rectificação Cilindrica Interiores CNC			
15/9173	2 uni	Nº Operador _____	
(15/141)	31-05-2015	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0094 Rectificação Cilindrica Int. CNC Ø<60 mm e L<100 mm			
Componentes	XXAI09500310	EDM Fio - Geometria Complexa	2 uni
XXAI12000555 EDM Penetração - Geometria Complexa			
	Nº Operador _____	15/9171	2 uni
	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	(15/141)	31-05-2015
OP0121 EDM Penetração - Geometria Complexa			
Componentes	ELECTCA00349	Electrodo para XXMES-C00256	2 uni
	XXAI09004450	Rectificação Cilindrica Interiores CNC	2 uni A1200
XXAI09004449 Rectificação furo - "Sunnen"			
15/9170	2 uni	Nº Operador _____	
(15/141)	31-05-2015	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0091 Rectificação furo - "Sunnen"			
Componentes	XXAI12000555	EDM Penetração - Geometria Complexa	2 uni A1200
XXAI13003480 Polimento			
	Nº Operador _____	15/9169	2 uni
	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	(15/141)	01-06-2015
OP0130 Operações de bancada			
Componentes	XXAI09004449	Rectificação furo - "Sunnen"	2 uni A1200
XXMES-C00256 Matriz especial aço/metal duro (Ref: 6,40-16-52-2-50-40)			
15/9168	2 uni	Nº Operador _____	
(15/141)	01-06-2015	Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0170 Controlo final			
Componentes	XXAI13003480	Polimento	2 uni A1300





OT - Ordem de Trabalho


15/9168 (4+4+5+6+4 | 23)

ALERTAS

XXAI00500001		Distribuição de cobre electrolítico	
		Nº Operador _____	15/9178 2 uni
		Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	(15/141) 31-05-2015
OP0005		Distribuição de cobre electrolítico	
Componentes	XXAI14500007	Cobre Electrolítico Ø18 mm x L=50 mm com rosca interior M10	2 uni A0030 (040-04-016)

XXAI14000698		Montagem de XXAI00500001 com XXEROWA00001	
15/9177 2 uni		Nº Operador _____	
(15/141) 31-05-2015		Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0141		Montagem de componentes - Cobre + Suporte EROWA	
Componentes	XXAI00500001	Distribuição de cobre electrolítico	2 uni
	XXEROWA00001	Suporte EROWA para EDM PENETRAÇÃO	2 uni A0030 (041-05-005)

XXAI02004170		Torneado	
		Nº Operador _____	15/9174 2 uni
		Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	(15/141) 31-05-2015
OP0030		Torno CNC - Maq. Manga Ø<42 mm e L<600 mm	
Componentes	XXAI14000698	Montagem de XXAI00500001 com XXEROWA00001	2 uni

ELECTCA00349		Electrodo para XXMES-C00256	
15/9172 2 uni		Nº Operador _____	
(15/141) 31-05-2015		Data ____/____/____ Qtd. NC _____ uni	
OP0170		Controlo final	
Componentes	XXAI02004170	Torneado	2 uni A0400